



**You have downloaded a document from  
RE-BUS  
repository of the University of Silesia in Katowice**

**Title:** Procesy brzegowe i osady denne wybranych zbiorników wodnych w warunkach zróżnicowanej antropopresji : na przykładzie Wyżyny Śląskiej i jej obrzeży

**Author:** Martyna A. Rzętała

**Citation style:** Rzętała Martyna A. (2003). Procesy brzegowe i osady denne wybranych zbiorników wodnych w warunkach zróżnicowanej antropopresji : na przykładzie Wyżyny Śląskiej i jej obrzeży. Katowice : Wydawnictwo Uniwersytetu Śląskiego.



Uznanie autorstwa - Użycie niekomercyjne - Bez utworów zależnych Polska - Licencja ta zezwala na rozpowszechnianie, przedstawianie i wykonywanie utworu jedynie w celach niekomercyjnych oraz pod warunkiem zachowania go w oryginalnej postaci (nie tworzenia utworów zależnych).



UNIwersYTET ŚLĄSKI  
W KATOWICACH



Biblioteka  
Uniwersytetu Śląskiego



Ministerstwo Nauki  
i Szkolnictwa Wyższego



**Martyna A. Rzętała**

**Procesy brzegowe i osady denne  
wybranych zbiorników wodnych  
w warunkach  
zróżnicowanej antropopresji  
(na przykładzie Wyżyny Śląskiej i jej obrzeży)**

**Wydawnictwo  
Uniwersytetu Śląskiego**



**Katowice 2003**



**Procesy brzegowe i osady denne  
wybranych zbiorników wodnych  
w warunkach  
zróżnicowanej antropopresji  
(na przykładzie Wyżyny Śląskiej i jej obrzeży)**

**Prace Naukowe  
Uniwersytetu Śląskiego  
w Katowicach**

**nr ~~2154~~**

2169

**Martyna A. Rzętała**

**Procesy brzegowe i osady denne  
wybranych zbiorników wodnych  
w warunkach  
zróznicowanej antropopresji  
(na przykładzie Wyżyny Śląskiej i jej obrzeży)**

**Wydawnictwo  
Uniwersytetu Śląskiego**



**Katowice 2003**

Redaktor serii: Nauki o Ziemi  
Andrzej T. Jankowski

Recenzent  
Bolesław Nowaczyk

Autor fotografii na okładce  
Marek Ruman

Redaktor  
Grażyna Wojdała

Redaktor techniczny  
Barbara Arenhövel

Korektor  
Mirosława Żłobińska

Copyright © 2003  
by Wydawnictwo Uniwersytetu Śląskiego  
Wszelkie prawa zastrzeżone

**ISSN 0208-6336**  
**ISBN 83-226-1287-7**

Wydawca  
Wydawnictwo Uniwersytetu Śląskiego  
ul. Bankowa 12B, 40-007 Katowice  
[www.wydawnictwo.us.edu.pl](http://www.wydawnictwo.us.edu.pl)  
e-mail: [wydawus@us.edu.pl](mailto:wydawus@us.edu.pl)

---

Wydanie I. Nakład 220 + 50 egz. Ark. druk. 9,25. + wkład-  
ka. Ark. wyd. 10,5. Przekazano do drukarni we wrześniu  
2003 r. Podpisano do druku w grudniu 2003 r. Papier of-  
fset. kl. III, 80 g. 70 × 100. Cena 16 zł

---

Czerny Marian Firma Prywatna „GREG”  
Zakład Poligraficzny  
ul. Poezji 16, 44-113 Gliwice

Reo

# Treść

<b>1. Wstęp . . . . .</b>	<b>7</b>
1.1. Zarys problemu . . . . .	7
1.2. Przegląd literatury . . . . .	8
1.3. Materiały źródłowe i metody . . . . .	11
<b>2. Charakterystyka obszaru badań . . . . .</b>	<b>15</b>
2.1. Lokalizacja obszaru badań . . . . .	15
2.2. Charakterystyka środowiska fizycznogeograficznego	
Wyżyny Śląskiej i jej obrzeży . . . . .	17
2.2.1. Budowa geologiczna i ukształtowanie terenu . . . . .	18
2.2.2. Warunki klimatyczne . . . . .	20
2.2.3. Wody . . . . .	21
2.2.4. Gleby i szata roślinna . . . . .	23
2.3. Cechy morfometryczne i charakterystyka hydrotechniczna	
zbiorników wodnych . . . . .	25
<b>3. Uwarunkowania zmian ilościowo-jakościowych w morfologii</b>	
<b>    mis zbiornikowych . . . . .</b>	<b>31</b>
3.1. Niektóre działania w okresie przygotowania zbiorników do	
eksploatacji . . . . .	31
3.2. Procesy brzegowe i ich uwarunkowania . . . . .	36
3.2.1. Rola falowania w rozwoju procesów brzegowych . . . . .	36
3.2.2. Wpływ poziomu piętrzenia wody na charakter zmian	
morfogenetycznych wybrzeża . . . . .	39
3.2.3. Związek litologii wybrzeża z intensywnością i charak-	
terem zmian morfologicznych brzegu . . . . .	41
3.2.4. Pokrywa lodowa jako czynnik morfogenetyczny form	
brzegowych . . . . .	45
3.2.5. Roślinność . . . . .	46
3.3. Ważniejsze uwarunkowania występowania osadów dennych . . . . .	48



<b>4. Formy brzegowe i osady denne . . . . .</b>	<b>53</b>
4.1. Formy brzegowe jako indykator przemian morfologicz- nych w strefie litoralnej. . . . .	53
4.1.1. Dłty . . . . .	55
4.1.2. Klify . . . . .	56
4.1.3. Terasy . . . . .	61
4.1.4. Plaże . . . . .	64
4.1.5. Cyple piaszczyste . . . . .	66
4.1.6. Mierzeje . . . . .	71
4.1.7. Wały brzegowe. . . . .	74
4.1.8. Pozostałe formy brzegowe . . . . .	77
4.2. Przestrzenne zróżnicowanie występowania osadów dennych .	80
4.2.1. Miąższość i kubatura . . . . .	81
4.2.2. Skład mechaniczny . . . . .	85
4.2.3. Skład i właściwości fizykochemiczne . . . . .	90
4.3. Próba oszacowania żywotności zbiorników wodnych . .	99
<b>5. Procesy brzegowe i osady denne badanych zbiorników     na tle innych sztucznych zbiorników wodnych . . . .</b>	<b>102</b>
<b>6. Podsumowanie . . . . .</b>	<b>122</b>
<b>Literatura . . . . .</b>	<b>126</b>
<b>Summary . . . . .</b>	<b>140</b>
<b>Резюме . . . . .</b>	<b>144</b>

# 1. Wstęp

## 1.1. Zarys problemu

Wyżyna Śląska i jej obrzeża należą do najbardziej antropogenicznie przeobrażonych obszarów Polski. Na terenie tym przekształceniu uległy wszystkie komponenty środowiska przyrodniczego. Wieloletnia eksploatacja surowców mineralnych, rozbudowa ośrodków przemysłu przetwórczego, budowa tras komunikacyjnych, rozwój urbanizacji to główne czynniki warunkujące zmiany w morfologii terenu. W efekcie działalności człowieka na omawianym obszarze powstało wiele zarówno wypukłych (np. hałdy, nasypy, przyzmy, kopce), jak i wklęsłych (np. doły poeksploatacyjne, niecki z osiadania i zapadania, rowy) form rzeźby (Żmuda, 1973; Dulias, Jankowski, 1990; Wach, 1991; Szczypek, 1995; Wach, Szczypek, 1996; Dulias, Pełka-Gościński, 1998; Kozyreva, Rzętała, 1999 i inni).

Szczególną pozycję wśród wklęsłych form terenu zajmują wyrobiska po odkrywkowej eksploatacji surowców mineralnych, ponieważ obecnie są to zbiorniki wodne o powierzchniach nawet kilku kilometrów kwadratowych i pojemnościach sięgających kilkadziesiąt hm<sup>3</sup>. Równie duże zróżnicowanie morfometryczne dotyczy większości wybudowanych w ostatnich kilkudziesięciu latach zaporowych zbiorników wodnych. Pozostałe zbiorniki – na omawianym obszarze dominujące pod względem liczebności – sięgają zdecydowanie mniejsze powierzchnie i pojemności, a są to obiekty powstałe w nieckach z osiadania i zapadliskach oraz obiekty wybudowane na potrzeby gospodarcze (Jankowski, Wach, 1980; Jankowski, 1995, 1999; Rzętała, Rzętała, 1998; Czaja, 1999 i inni).

Utworzenie się sztucznych zbiorników wodnych spowodowało pojawienie się nowych jakościowo procesów morfogenetycznych warunkujących morfologiczną ewolucję form wklęsłych (Szczyppek, Wach, 1992; Michalewicz i in., 1995). Ukształtowane antropogenicznie – nawet w całości – misy zbiorników liczą często nie więcej niż kilkadziesiąt lat i są stosunkowo młodym elementem środowiska geograficznego, toteż zdecydowana większość naturalnych procesów modelujących ich kształt jest znamieną dla młodocianego stadium rozwoju form dna i strefy litoralnej. Jednocześnie zmiany te są niezwykle dynamiczne i dowodzą reakcji naturalnych procesów rzeźbotwórczych na antropogenizację rzeźby (Rzetała, 1997), a dotyczą trzech charakterystycznych stref mis sztucznych zbiorników wodnych, tj. obszaru kontaktu wód rzecznych i jeziornych, strefy litoralnej oraz dna (Kozyreva, Rzetała, 1999).

## 1.2. Przegląd literatury

Problematyka morfologicznej ewolucji jezior i zbiorników wodnych obejmuje szerokie spektrum interdyscyplinarnych i komplementarnych badań środowiska geograficznego. Jak podają autorzy (np.: Klimaszewski, 1978; Rzetała, 1998; Jaguś, 2000), najwięcej prac poświęcono zagadnieniu osadów dennych jezior i zbiorników wodnych, limniczne procesy brzegowe zaś są zjawiskiem mało badanym i w polskiej literaturze geograficznej traktowanym marginalnie w przeciwieństwie do obszernie opisywanych morskich procesów brzegowych.

Jedne z najstarszych w polskiej literaturze geograficznej wzmianek o ewolucji wybrzeży i mis naturalnych zbiorników wodnych można znaleźć w pracach z pierwszej połowy XX wieku (np. Rühle, 1932). Jednak znaczący rozwój zainteresowań problematyką morfologii dna, brzegów i otoczenia jezior oraz sztucznych zbiorników wodnych jako stosunkowo młodych elementów środowiska następuje w latach 50., 60. i 70. XX wieku (np.: Skibniewski, 1954; Pasternak, 1964; Cyberski, 1965, 1969; Korolec, 1968; Chomiak i in., 1969; Grześ, 1973). Jeśli chodzi o zakres merytoryczny, to większość opracowań dotyczy wpraw-

dzie limnologii fizycznej i traktuje o jeziorach polodowcowych terenów pojeziernych, zawierając rozważania nad problemem ich genezy, bądź dotyczy – ogólnie rzecz ujmując – dynamiki przemian wybranych elementów ich geosystemów, ale tematyka odnosząca się do osadów dennych i ewolucji brzegów zwykle jest poruszana marginalnie niejako tylko przy okazji rozpatrywania innych zagadnień, zwłaszcza hydrologicznych.

Od końca lat 70. ubiegłego wieku problematyka morfologii mis retencjonujących wody limniczne została ukierunkowana głównie na zbiorniki o charakterze antropogenicznym. Świadczy o tym stosunkowo niewielka liczba publikacji poświęconych jeziorom jako obiektom naturalnym (Nowaczyk i in., 1981; Choiński, 1995; Nowaczyk, 1988, 1994 i inni) w stosunku do obfitej literatury omawiającej problemy związane z obiektami sztucznymi.

Doniosłe znaczenie dla tematyki rozpatrującej rolę zbiorników wodnych w kształtowaniu morfologii mają intensywnie prowadzone badania na zbiorniku Włocławek. Spośród dużej liczby opracowań naukowych odnoszących się do ewolucji morfologicznej tego zbiornika za ważniejsze należy uznać prace poświęcone: osadom dennym (Banach, 1985, 1993a, 1995b), roli zjawisk lodowych w kształtowaniu brzegów (np. Gierszewski, 1995) oraz formom i procesom w strefie brzegowej (Banach, 1986, 1988a, 1992b, 1993b, 1994, 1995a,b), a pracę M. Banacha *Morfodynamika strefy brzegowej zbiornika Włocławek* z 1994 roku uznaje się za pierwszą w polskiej literaturze geograficznej próbę określenia procesu ewolucji całej strefy brzegowej sztucznego zbiornika wodnego.

Pozostałe istniejące (a w niektórych przypadkach również perspektywiczne) sztuczne zbiorniki wodne nie mają tak zasobnej bibliografii, aczkolwiek można wskazać liczne publikacje będące przykładem opisu morfologicznego aspektu ich funkcjonowania (Grochulski, 1980; Chmura, 1985; Łajczak, 1986, 1995; Ziętara, 1994, 1995; Banach, 1992a; Wiśniewski, 1994; Korcz, Strzyszczyński, 1995; Sobczyński i in., 1997).

Stosunkowo nowymi obiektami zainteresowania omawianą problematyką są sztuczne zbiorniki wodne na Wyżynie Śląskiej i jej obrzeżach. W związku z rozwojem przemysłu i urbanizacji, którym towarzyszył wzrost zapotrzebowania na wodę, powstało tam wiele odmiennych genetycznie zbiorników wodnych o zróżnicowanej powierzchni i retencji oraz skrajnie różnych formach funkcjonalności (np. Jankowski, 1995, 1999) – od nieużytków do obiektów wykorzystywanych wielokierunkowo. Część prac dotyczy

obiektów już zlikwidowanych, których funkcjonowanie pozostawiło zapis w rzeźbie w postaci równin akumulacyjnych (np. Kocel, 1997). Na omawianym obszarze zbiorniki naturalne występują niezwykle rzadko (jest to między innymi konsekwencja starogłacjalnego charakteru rzeźby i szeroko rozumianej jej antropogenizacji), a zdecydowanie dominują misy o charakterze antropogenicznym. Do ich powstania w sposób pośredni bądź bezpośredni przyczyniła się działalność człowieka, a charakteryzuje je złożoność procesów, które doprowadziły do wykształcenia misy jeziornej (Rzetała, 2000b). Stosunkowo krótki okres funkcjonowania, niewielka powierzchnia oraz pojemność mis sztucznych jezior, a także jedynie nieliczne przypadki szkód ekonomicznych będących następstwem ich morfologicznej ewolucji są zapewne przyczyną sporadycznego zainteresowania badawczego tym problemem. Tym niemniej prace realizowane do końca lat 80. XX wieku oraz znaczący rozwój zainteresowania obserwowany w ostatnim dziesięcioleciu (Patorska, 1990; Szczypek, Wach, 1992; Rzetała, 1993, 1994; Jaguś i in., 1995; Michalewicz i in., 1995; Korcz, Strzyszczyński, 1995; Jaguś, 1997, 2000; Rzetała, 1998) sugerują, iż dostrzeżono możliwości prowadzenia badań procesów mikroskalowych obejmujących stosunkowo niewielkie powierzchnie, które są specyficznymi „laboratoriami terenowymi” (Michalewicz i in., 1995).

Możliwości morfologicznych analiz porównawczych stwarza genetyczne podobieństwo zbiorników wodnych występujących na terytorium Polski (a zwłaszcza na Wyżynie Śląskiej i jej obrzeżach) oraz innych krajów. O ile w Polsce niewielka liczba kompleksowych opracowań morfologicznych z tego zakresu jest determinowana potrzebą ilościowo-jakościowego rozpoznania (bądź co bądź niewielkich) mis zbiornikowych jedynie w aspekcie: możliwości wypoczynku nad wodą, tworzenia kąpielisk, budowy przystani, prowadzenia w ich bliskim sąsiedztwie linii komunikacyjnych lub przesyłowych, o tyle analogiczne badania prowadzone w obrębie sztucznych zbiorników wodnych w innych krajach są podyktowane zgoła innymi uwarunkowaniami (Rzetała, 1999). Zdecydowanie większe powierzchnie i pojemności obiektów znajdują proste przełożenie na tempo, skalę i zasięg zmian morfologicznych w strefach okołozbiornikowych rozpatrywanych w kategoriach regionalnych i ponadregionalnych problemów gospodarczych, militarnych, środowiskowych itd. Potwierdzają to doniesienia wielu badaczy zajmujących się podobną problematyką w innych krajach (Obincov, 1975; Buzek, 1981; Owczinnikow,

Karnauchowa, 1985; Zołotariew, Kuskowski, 1988; Trzcinski, Leszczikow, 1988; Ikonnikow, 1995; Owczinnikow, 1996; Owczinnikow i in., 1999, i inni).

Konieczności prowadzenia dalszych szczegółowych badań nad morfologiczną ewolucją jezior i zbiorników wodnych, a zwłaszcza tych funkcjonujących w warunkach silnej antropopresji na Wyżynie Śląskiej i jej obrzeżach, dowodzi również treść pozycji podsumowujących naukowy dorobek limnologii i geomorfologii (Lencewicz, 1925; Klimaszewski, 1978; Kondracki, Mikulski, 1990; Choiński, 1995), a za doskonałe przewodniki metodyki badań terenowych, laboratoryjnych i kameralnych mogą posłużyć liczne opracowania (np.: Klimaszewski, 1978; Racinowski, Szczypek, 1985; Lindner, 1992; Lange, 1993; Mycielska-Dowgiałło, Rutkowski, 1995; Choiński, 1995; Myślińska, 1998; Racinowski, Szczypek, Wach, 2001).

### **1.3. Materiały źródłowe i metody**

Realizacja programu badań w obrębie wybranych zbiorników wodnych znajdujących się na Wyżynie Śląskiej i jej obrzeżach (Dzierżno Duże, Kozłowa Góra, Przeczyce, Pogoria III) wymagała przeprowadzenia wielu komplementarnych, a także interdyscyplinarnych badań środowiskowych (terenowych, laboratoryjnych i kameralnych), których zakres warunkowała różnorodność, współzależność i czasowa zmienność czynników decydujących o zmianach morfologicznych, a tym samym o etapie rozwoju rozpatrywanych obiektów jako terytorialnych jednostek przyrodniczych. Identyfikacja problemów badawczych oparta na wstępnym rozpoznaniu morfologicznym i limnologicznym pozwoliła określić ramy opracowania i sformułować cele pracy, które dotyczą:

- wyróżnienia typów, warunków kształtowania i zróżnicowania form brzegowych oraz osadów dennych w obrębie zbiorników wodnych,
- wpływu antropopresji na zróżnicowany przebieg zmian morfologii brzegów i dna mis zbiornikowych,
- oceny morfologicznego etapu rozwoju sztucznych zbiorników wodnych,

- przebiegu morfologicznych zmian mis wybranych zbiorników na Wyżynie Śląskiej i jej obrzeżach w aspekcie podobnych procesów zachodzących w obrębie innych sztucznych zbiorników wodnych.

Podstawą opracowania stały się obserwacje terenowe prowadzone w latach 1993–2000. Przedmiotem badań (tab. 1–3) na omawianym terenie było wiele obiektów, mimo że praca dotyczy w szczególności tylko czterech sztucznych jezior, tj. Pogorii III, Przeczyc, Świerklańca, nazywanego zamiennie Kozłową Górą oraz Dzierżna Dużego. Nadrzędnym zadaniem tych działań było uzyskanie materiału porównawczego, tym bardziej celowe w świetle znikomej liczby rozpraw naukowych poświęconych morfologicznej ewolucji zbiorników wodnych występujących na Wyżynie Śląskiej i jej obrzeżach. Bogaty materiał badawczy został zebrany w ramach projektów badań własnych i statutowych koordynowanych

Tabela 1

Ważniejsze kierunki prac terenowych i metody badań

Ważniejsze kierunki prac terenowych	Ważniejsze przyrządy wykorzystane w trakcie badań terenowych
Plany sytuacyjno-wysokościowe	tachymetr „Dahlta 020”, teodolit
Pomiary batymetryczne	echosonda Ultra III 3D z przetwornikiem prędkości HS-3D4, tachymetr „Dahlta 020”, teodolit
Pobór próbek osadów	polistyrenowy próbnik rurowy, pojemniki polietylenowe i polistyrenowe
Lokalizacja miejsc poboru próbek	tachymetr „Dahlta 020”, teodolit, repery (ew. boje)
Pomiary transportu rumowiska	elementy zabudowy hydrotechnicznej (ew. modyfikowane)
Rozpoznania florystyczne	wg opracowań: W. Matuszkiewicz (1981); M. Gutry-Korycka, H. Werner-Więckowska (1989)
Pomiary prędkości i natężenia przepływu	młynek hydrometryczny, przelewy, cechowane naczynia – zgodnie z metodyką wg E. Bajkiewicz-Grabowskiej i in. (1993)
Pobór próbek i badania właściwości fizykochemicznych wody	butelki i pojemniki polietylenowe, termometr TC 204, termometry tyrystorowe, tlenomierz CO-315, pH-metr CP-315, pH-metr PH 204, luksomierz LX 204, krążek Secchi

Tabela 2

## Metody badań laboratoryjnych

Badania laboratoryjne	Metodyka badań laboratoryjnych
Skład mechaniczny	metoda sitowa, metoda sitowo-areometryczna (Mycielska-Dowgiałło, Rutkowski, 1995; Myślińska, 1998)
Podstawowe analizy osadów (np. odczyn, zawartość węgla wapnia)	zgodnie z metodyką wg: B. Dobrzański i in. (1987)
Ilość zawiesiny w wodzie	metoda wagowa
Obróbka ziaren kwarcowych	metoda graniformometryczna (Krygowski, 1964; Racinowski, Szczypek, 1985; Mycielska-Dowgiałło, Rutkowski, 1995)
Występowanie pierwiastków: Au, As, Br, Co, Cr, Hf, Hg, Rb, Sb, Sc, Th, U, La, Ce, Nd, Sm, Eu, Tb, Yb i Lu	metoda instrumentalnej neutronowej analizy aktywacyjnej (INAA)
Występowanie pierwiastków i związków: SiO <sub>2</sub> , TiO <sub>2</sub> , Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , MnO, MgO, CaO, Na <sub>2</sub> O, K <sub>2</sub> O, P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , Ba, Sr, Zr, Y, Be i V	metoda atomowej spektrometrii emisyjnej ze wzbudzeniem plazmowym ze stopu (ICP)
Występowanie pierwiastków: Cu, Pb, Zn, Ag, Ni, Cd	metoda ICP po całkowitym rozpuszczeniu próbki
Występowanie pierwiastków: Nb, Rb, Pb, Ga, Sn i S	w pastylkach prasowanych z użyciem rentgenowskiej analizy fluorescencyjnej XRF
Oznaczenia właściwości fizykochemicznych wody	W.E. Krawczyk (1992, 1999); T. Sobczyński (1992)

Tabela 3

## Ważniejsze prace kameralne

Prace kameralne	Metodyka
Obróbka statystyczna danych liczbowych	Microsoft Excel 7.0 – tematy pomocy; J. Runge (1992)
Analiza zdjęć lotniczych	ocena wizualna jako pomoc w dokumentacji
Analiza danych liczbowych	programy komputerowe: Excel 7.0, Surfer 8.0, Word 7.0, Power Point 7.0
Szata graficzna pracy	

przez Laboratorium Naukowo-Dydaktyczne Katedr Geograficznych oraz Katedrę Geografii Fizycznej Wydziału Nauk o Ziemi Uniwersytetu Śląskiego, w których autorka niniejszej pracy oficjal-



nie lub nieoficjalnie czynnie uczestniczyła. Dotyczy to zwłaszcza systematycznych badań hydrometrycznych oraz monitoringu właściwości fizykochemicznych wód wspomnianych zbiorników i ich zlewni oraz wód powierzchniowych w najbliższym otoczeniu, które były prowadzone od 1994 roku.

Oprócz wyników własnych prac terenowych, laboratoryjnych i kameralnych odzwierciedlenie znalazły w książce informacje zawarte w niepublikowanych danych pochodzących z różnych instytucji: byłej Okręgowej Dyrekcji Gospodarki Wodnej w Gliwicach, Instytutu Meteorologii i Gospodarki Wodnej w Katowicach, Górnośląskiego Przedsiębiorstwa Wodociągów w Katowicach, Regionalnego Zarządu Gospodarki Wodnej w Katowicach (w 1999 roku przeniesionego do Gliwic), Ośrodka Badań i Kontroli Środowiska w Katowicach oraz wielu innych.

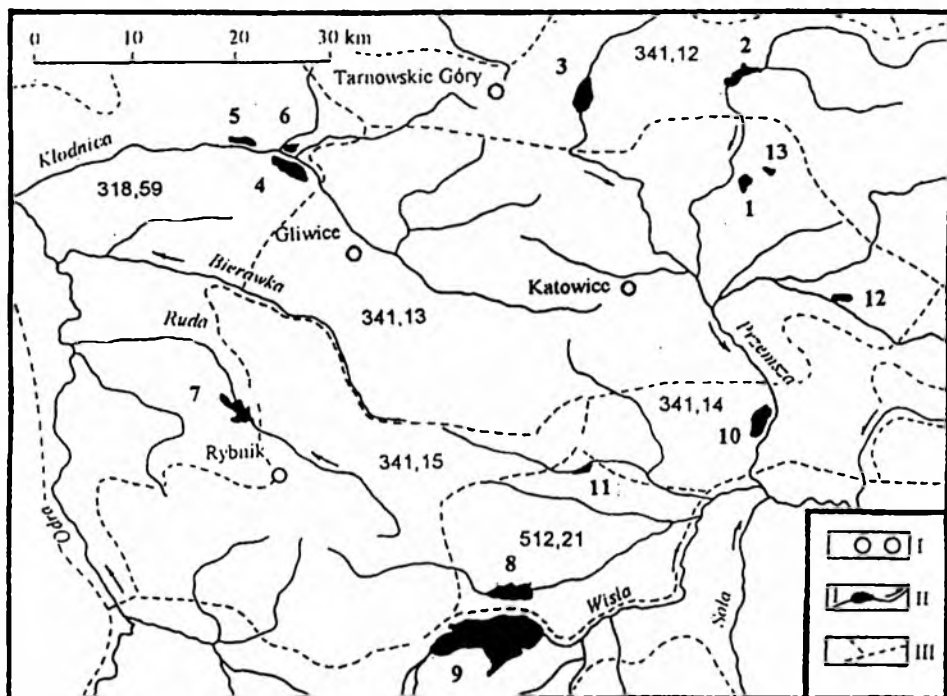
## **2. Charakterystyka obszaru badań**

### **2.1. Lokalizacja obszaru badań**

Wykonane badania przede wszystkim dotyczyły czterech sztucznych jezior (rys. 1, rys. 2). Pierwszym z nich był zbiornik Pogoria III w zlewni Pogorii, drugim – Przeczyce w zlewni Czarnej Przemyszy, następnie Świerklaniec, nazywany również zbiornikiem Kozłowa Góra, zlokalizowany w zlewni Brynicy, oraz zbiornik Dzierżno Duże w zlewni Kłodnicy odwadniającej zachodnią część bardzo uprzemysłowionej i zurbanizowanej Wyżyny Katowickiej, którą wcześniej nazywano Górnośląskim Okręgiem Przemysłowym.

W latach 90. XX wieku J. Kondracki (1994) dokonał weryfikacji przebiegu granic poszczególnych mezoregionów wchodzących w skład Wyżyny Śląskiej. Dlatego też zbiornik Dzierżno Duże zaliczano, zgodnie z wcześniejszymi opracowaniami autorstwa J. Kondrackiego (1978), do GOP-u. W pracy z 1994 roku granica między Wyżyną Katowicką a Kotliną Raciborską przebiegała po jego wschodniej stronie, dlatego też zalicza się go do tej ostatniej. Zbiorniki Kozłowa Góra oraz Przeczyce są usytuowane w obrębie tej samej jednostki fizycznogeograficznej – Garbu Tarnogórskiego, zbiornik Pogoria III zaś jest obiektem zaliczanym do północno-wschodniej części Wyżyny Katowickiej.

Pod względem administracyjnym Dzierżno Duże znajduje się na pograniczu miasta Gliwice, gminy Rudziniec oraz miasta Pyskowice. Zbiornik Kozłowa Góra w całości należy do gminy Świerklaniec, aczkolwiek w bezpośrednim jego sąsiedztwie przebiegają granice gminy Bobrowniki oraz miasta Piekary Śląskie (dzielnica Kozłowa Góra). Zbiornik Przeczyce leży na terenie

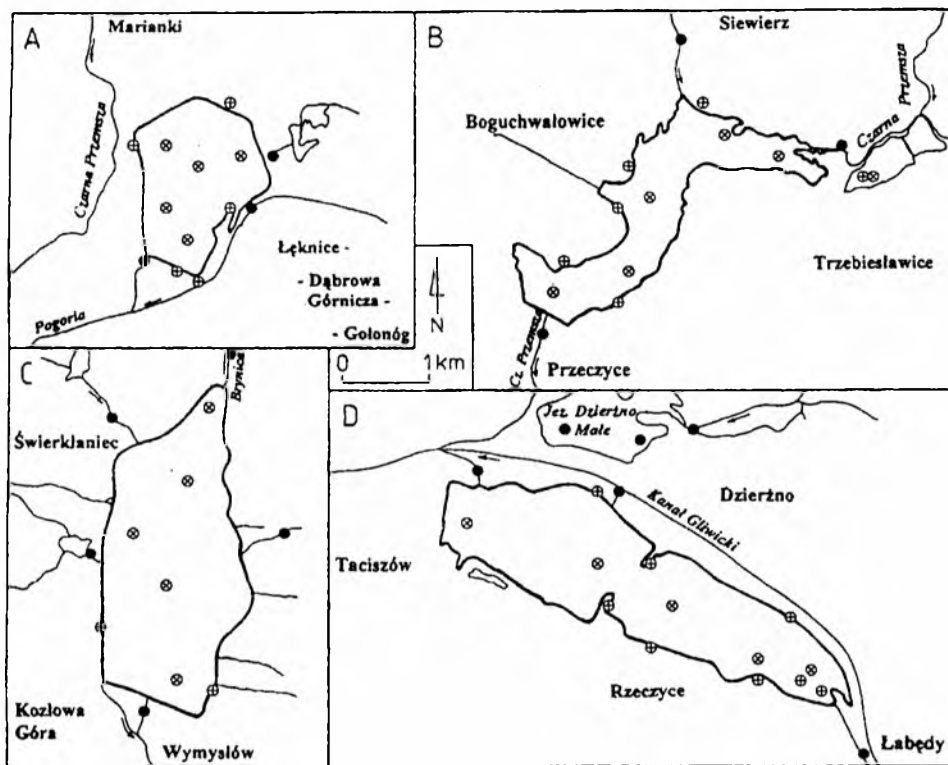


**Rys. 1.** Ważniejsze zbiorniki wodne na Wyżynie Śląskiej i jej obrzeżach na tle podziału fizycznogeograficznego

I – miasta; II – cieki oraz zbiorniki wodne: 1 – Pogoria III, 2 – Przeczyce, 3 – Kozłowa Góra (Świerklaniec), 4 – Dzierżno Duże, 5 – Pławniowice, 6 – Dzierżno Małe, 7 – Rybnicki, 8 – Łąka, 9 – Goczałkowice, 10 – Dzieckowice, 11 – Paprocany, 12 – Sosina, 13 – Pogoria I; III – granice mezoregionów fizyczno-geograficznych wg J. Kondrackiego (1995): 341.12 – Garb Tarnogórski, 341.13 – Wyżyna Katowicka, 341.14 – Pagóry Jaworznickie, 341.15 – Płaskowyż Rybnicki, 318.59 – Kotlina Raciborska, 512.21 – Równina Pszczyńska

dwóch gmin: wschodnia część jest zaliczana do Siewierza, natomiast zachodnia wchodzi w skład gminy Mierzęcice. Z kolei Pogoria III jest położona w całości na terenach miasta Dąbrowa Górnicza.

Należy podkreślić, że przedmiotem prowadzonych badań – już o zdecydowanie mniejszym zakresie w stosunku do obiektów podstawowych – było również wiele innych sztucznych zbiorników wodnych na obszarze Wyżyny Śląskiej i jej obrzeży (rys. 1). Duża liczba niewielkich zbiorników wodnych, do których często się w pracy odwoływano w sposób wskazujący na celowe uogólnienia, powoduje, że nie sposób w tym miejscu nawiązywać szczegółowo do ich hydrograficznego, morfologicznego, czy wyłącznie administracyjnego usytuowania.



**Rys. 2.** Lokalizacja miejsc poboru próbek do analiz

Zbiorniki wodne: **A** - Pogoria III, **B** - Przeczyce, **C** - Kozłowa Góra (Świerklaniec), **D** - Dzierżno Duże. Lokalizacja miejsc poboru próbek: ● - ważniejsze miejsca poboru próbek wody do analiz fizykochemicznych, ⊕ - ważniejsze miejsca poboru próbek osadów do analiz podstawowych (skład mechaniczny, odczyn, zawartość węgla wapnia), ⊗ - miejsca poboru próbek do analiz podstawowych oraz oznaczeń zawartości pierwiastków śladowych

## 2.2. Charakterystyka środowiska fizycznogeograficznego Wyżyny Śląskiej i jej obrzeży

Realizacja programu badań wymaga krótkiej charakterystyki poszczególnych komponentów środowiska Wyżyny Śląskiej i jej obrzeży, mimo że praca dotyczy zasadniczo czterech zbiorników wodnych wytypowanych jako obiekty podstawowe. Z jednej stro-

ny, przestrzenny zakres charakterystyki środowiska jest uwarunkowany rozmieszczeniem zbiorników uznawanych za podstawowe w tym programie badań, z drugiej natomiast uzasadnia go również położenie wielu sztucznych jezior ciekawych pod względem morfologicznym i z tego powodu przywoływanych w niniejszej pracy. Kluczowe znaczenie w tym względzie mają wiadomości odnoszące się do wszystkich komponentów środowiska, stanowią one bowiem tło przedmiotowego rozważania.

### **2.2.1. Budowa geologiczna i ukształtowanie terenu**

Na terenie Wyżyny Śląskiej i jej bezpośrednich obrzeży wyróżnia się zasadniczo trzy jednostki geologiczno-strukturalne. Centralną część Wyżyny stanowi nieckowate Zapadlisko Górnośląskie zbudowane z utworów karbońskich, które – sfałdowane i potrząskane licznymi uskokami – zawierają miększe pokłady węgla kamiennego. Znajdują się one pod przykryciem – zwłaszcza na obrzeżach zapadliska – nadległych osadów triasowych oraz miejscami trzeciorzędowych, a także nieciągłych pokryw osadów czwartorzędowych (Bukowy, 1974; Lewandowski, 1982). Ku południowi wspomniane zapadlisko przechodzi w Zapadlisko Przedkarpacie o charakterze tektonicznego obniżenia wypełnionego mioceńskimi osadami (iły, piaskowce, zlepieńce, łupki), które lokalnie zawierają pokłady soli. Nadległymi w stosunku do osadów trzeciorzędowych są czwartorzędowe lessowe pokrywy pyłowe, piaski rzeczne i lodowcowe oraz gliny zwałowe (Gilewska, 1972). Z kolei w północno-wschodniej części omawianego obszaru wyróżnia się Monoklinę Krakowsko-Wieluńską zbudowaną głównie z utworów triasowych, jurajskich i kredowych (miejscami przykrytych pokrywami osadów czwartorzędowych), zalegających na podłożu paleozoicznym (Bukowy, 1974).

Omawiany obszar cechuje występowanie ważnych surowców mineralnych: węgla kamiennego, rud cynku i ołowiu, obecnie już nie eksploatowanych rud żelaza, piasków, żwirów, dolomitów itd. Rudy cynku i ołowiu oraz żelaza wydobywano już we wczesnym średniowieczu, a węgiel kamienny od XVIII wieku (Żmuda, 1973; Kondracki, 1998).

Specyfika rzeźby Wyżyny Śląskiej polega na możliwości wyodrębnienia dwóch regionów o zupełnie odmiennych cechach rzeźby (Szaflarski, 1955). Charakterystyczna dla północnej części

Wyżyny Śląskiej jest tzw. rzeźba krawędziowa z występującymi wzniesieniami o wysokości kilkudziesięciu metrów w postaci, nazywanych kuestami, progów strukturalnych zbudowanych ze skał mezozoicznych. Najdłuższy, a zarazem jeden z wyraźniej zaznaczających się w rzeźbie terenu jest próg nazywany środkowotriasowym (próg wapienia muszlowego), który rozciąga się od Olkusza na wschodzie po dolinę Odry. Wschodnia i środkowa część tych wzniesień jest określana mianem Garbu Tarnogórskiego, a zachodnia ich kulminacja w postaci Góry Św. Anny wchodzi w skład jednostki nazywanej Garbem Chełmu. Są one rozczłonkowane dolinami rzek: Czarnej Przemszy, Białej Przemszy, Brynicy, Potoku Toszeckiego. Procesy denudacyjne i erozyjne doprowadziły do powstania wielu ostańców, których przykładem jest chociażby Góra św. Doroty. Z kolei południową część Wyżyny Śląskiej cechuje zrębowy charakter rzeźby z dającymi się wyodrębnić w ukształtowaniu jednostkami Zrębu Mikołowskiego oraz Płaskowyżu Bytomsko-Katowickiego. Południową część Wyżyny Śląskiej stanowi Płaskowyż Rybnicki. Starogłacjalny charakter rzeźby należy wiązać przede wszystkim z widocznymi, zwłaszcza na obrzeżach Wyżyny Śląskiej, śladami wpływu zlodowaceń plejstocenijskich. Czwartorzędowe pokrywy osadowe szczególnie wyraźne w litologii i stratygrafii kopalnych dolin rzecznych (Lewandowski, Kaziuk, 1982) pochodzą z okresu zlodowacenia południowopolskiego i północnopolskiego (Jahn, 1955), a głównie z okresu zlodowacenia środkowopolskiego. Ostatnie z wymienionych zlodowaceń należy wiązać z zakumulowanymi w postaci nieciągłych i różnej miąższości pokrywami materiału fluwiogłacjalnego i zwałowego przeobrażonego sedimentologicznie w trakcie przemieszczania w interglacjale eemskim i neoplejstocenie oraz w okresie późniejszym (Lewandowski, 1982).

Rozwój przemysłu wydobywczego i przetwórczego oraz zmiany sieci osadniczej i komunikacyjnej to główne czynniki decydujące o antropogenicznej modyfikacji rzeźby. Problem tego typu zmian rzeźby na Wyżynie Śląskiej podejmowany był w literaturze geograficznej niejednokrotnie (np. Żmuda, 1973; Dulias, Janowski, 1990; Szczypek, Wach, 1992; Wach, 1991; Dwucet i in., 1992; Szczypek i in., 1994; Szczypek, 1995; Wach, Szczypek, 1996; Kozyreva, Rzętała, 1999; Rahmonow, 1999; Molenda i in., 2001). Niektóre opracowania mają cechy ujęć monograficznych, inne natomiast sygnalizują wybrane aspekty tego zagadnienia. Jednym z pierwszych opracowań z tego zakresu jest praca S. Żmudy (1973) klasyfikującego antropoge-

niczne formy terenu na dwie grupy, tj. powstałe w wyniku bezpośredniej działalności gospodarczej (np.: wyrobiska, wkopy, rowy, powierzchnie zniwelowane, hałdy, zwałowiska, nasypy) oraz powstałe w wyniku współdziałania procesów gospodarczych i czynników naturalnych (np.: niecki z osiadania, zapadliska, niektóre formy eoliczne, większość form akumulacyjnych lub abrazyjnych – delty, klify, mierzeje, osady denne).

## 2.2.2. Warunki klimatyczne

Klimat Wyżyny Śląskiej bardzo często jest charakteryzowany w kontekście uwarunkowań przyrodniczych oraz – niejednokrotnie podkreślanych – antropogenicznych (Kamiński, 1987; Czaja, Radosz, 1993; Leśniok, 1996; Niedźwiedź, 1998 i inni).

Jednym z głównych czynników kształtujących klimat Wyżyny Śląskiej jest cyrkulacja atmosfery, która – jak podaje T. Niedźwiedź (1988) – dodatkowo odgrywa istotną rolę w modyfikacji rozkładu zanieczyszczeń tego uprzemysłowionego i zurbanizowanego obszaru. Duża zmienność warunków pogodowych wynika z częstego i aktywnego napływu różnych mas powietrza oraz stosunkowo szybkiego przemieszczania zmieniających się układów ciśnienia.

Stosunki termiczne omawianego obszaru określają średnie roczne temperatury powietrza z wielolecia 1961–1990 wahające się w zależności od stacji meteorologicznej w zakresie od 7,7°C do 8,1°C, aczkolwiek średnie roczne w poszczególnych latach wspomnianego okresu oscylują w granicach od 6,7°C do 9,2°C (*Charakterystyka klimatologiczna...*, 1992).

Z danych IMiGW w Katowicach wynika, że średnia roczna suma opadów atmosferycznych w analizowanym wieloleciu kształtowała się na poziomach od 655 mm (Gliwice) do 835 mm (Murcki). W skali wielolecia najwięcej opadów występuje od maja do sierpnia, a w przestrzennym rozkładzie daje się zauważyć wzrost ich wielkości z zachodu i północnego zachodu ku południowemu wschodowi.

W związku z ogólną cyrkulacją atmosferyczną, której wyrazem jest częsty i aktywny napływ mas powietrza z zachodu oraz ściekanie się wilgotnych mas powietrza polarnomorskiego z bardziej suchymi masami kontynentalnymi (Niedźwiedź, 1998) – przeważają wiatry z sektora zachodniego (SW, W, NW). Ich udział

w wieloleciu 1961–1990 był zmienny i wynosił w przypadku jednej ze stacji (Świerklaniec) aż 60%. Wiatry z kierunków zachodnich są jednocześnie wiatrami o największych z wielolecia średnich prędkościach (*Charakterystyka klimatologiczna...*, 1992).

Średnie roczne wartości wilgotności względnej powietrza we wspomnianym wieloleciu na Wyżynie Śląskiej kształtowały się na poziomie około 76%. Określane w ośmiostopniowej skali zachmurzenie również charakteryzuje się niewielkim zróżnicowaniem, wynosząc od 5,0 do 5,7 (*Charakterystyka klimatologiczna...*, 1992). Średnie roczne sumy usłonecznienia zawierają się w przedziale od 1270 godz. do 1370 godz. i są niższe od średnich wartości dla całej Polski (Ostrowska, Ośródka, 1987).

### 2.2.3. Wody

Sieć rzeczna Wyżyny Śląskiej znamienna dla strefy wododziałowej dorzecza Odry i Wisły jest przykładem permanencji układu hydrograficznego. Świadczą o tym kopalne doliny opisywane chociażby przez: J. Lewandowskiego (1982), J. Lewandowskiego i H. Kaziuk (1982), J. Lewandowskiego i T. Zielińskiego (1990). Dopływy Odry w granicach Wyżyny Śląskiej mają długość maksymalnie kilkudziesięciu kilometrów oraz przebieg o kierunkach zbliżonych do E–W, z najczęstszym odchyleniem ku północy. Z kolei ciekі zasilające Wisłę, a odwadniające tereny w granicach Wyżyny Śląskiej są nieco dłuższe i charakteryzują je zróżnicowane przebiegi (od E–W, przez N–S do W–E). Jedynie w dolnej części zlewni nawiązują do kierunków N–S.

Urbanizacja i przemysłowienie są przyczyną szeroko rozumianych przekształceń stosunków wodnych. Jeśli chodzi o wody podziemne, to polegają one przede wszystkim na zmianach zasobów i położenia zwierciadła wód oraz zmianach jakości wód (Czaja, 1999) występujących w utworach czwartorzędu, trzeciorzędu, triasu i karbonu (Rózkowski i in., 1996, 1997). Zmiany struktury i reżimu odpływów (tab. 4) oraz nadmierne zasolenie i zróżnicowana eutrofizacja wód powierzchniowych świadczą o istnieniu uciążliwych form antropopresji (np. przerzuty wody, zrzuty ścieków, drenaż górniczy) na terenie wielu zlewni (Janowski, 1986, 1987; Czaja, 1999). Zmiany układu powierzchniowej sieci hydrograficznej polegają najczęściej na: regulacji rzek i potoków, tzw. przełożeniach cieków, zmianach przebiegu działów wodnych



Tabela 4

Wybrane charakterystyki odpływu w wieloleciu 1961–1990 dla niektórych  
rzek Wyżyny Śląskiej i jej obrzeży  
(opracowanie własne na podstawie danych IMiGW w Katowicach)

Rzeka	Posterunek	Kilo- metr biegu rzeki	Powierz- chnia zlewni [km <sup>2</sup> ]	SNQ	SSQ	SWQ	Odpływ jednost- kowy q [l/s/ km <sup>2</sup> ]	Wskaź- nik odpły- wu H [mm]
Biała Przemsza	Sławków	23,8	408,0	2,83	4,09	11,71 <sup>1)</sup>	10,0	316
Biała Przemsza	Niwka	0,8	876,0	5,46	7,77	(–)	8,9	280
Czarna Przemsza	Przeczyce	52,2	299,0	0,61	2,12	12,55 <sup>1)</sup>	7,1	224
Pogoria	Dąbrowa Górna	0,8	37,3	0,76	1,26	4,85 <sup>2)</sup>	33,8	1065
Czarna Przemsza	Radocha	27,8	520,0	2,25	4,54	19,93 <sup>3)</sup>	8,7	275
Brynica	Brynica	35,5	98,2	0,08	0,57	7,46 <sup>4)</sup>	5,8	183
Rawa	Szopienice	2,0	87,9	2,07	2,85	(–)	32,4	1022
Przemsza	Jeleń	13,0	1996,0	14,05	20,05	47,76 <sup>5)</sup>	10,0	317
Gostynia	Bojszowy	4,0	331,0	1,64	3,57	(–)	10,8	340
Pszczynka	Pszczyna	17,6	185,0	0,26	1,52	(–)	8,2	259
Ruda	Gotartowice	34,8	125,0	0,51	1,22	9,64	9,8	308
Ruda	Ruda Kozielska	12,7	382,0	1,51	3,43	17,72	9,0	283
Sumina	Nędza	5,7	94,4	0,2	0,64	7,24	6,8	214
Kłodnica	Gliwice	46,2	444,0	3,57	6,44	36,69 <sup>6)</sup>	14,5	457

Objaśnienia: <sup>1)</sup> 1961–1985; <sup>2)</sup> 1973–1986; <sup>3)</sup> 1961–1986; <sup>4)</sup> 1961–1984; <sup>5)</sup> 1975–1987; <sup>6)</sup> 1961–1987;  
(–) oznacza brak danych.

(Czaja, 1999), a także istnieniu kilku tysięcy sztucznych zbiorników wodnych o różnej genezie (zaporowe, poeksploatacyjne, w nieckach z osiadania i zapadliskach, stawy i inne) oraz przeznaczeniu (np. Jankowski, Wach, 1980; Jankowski, 1995, 1999; Rzętała, 2000b).

Antropogeniczne zmiany stosunków wodnych szczególnie są widoczne w ciekach odwadniających zlewnie o najbardziej przekształconych warunkach środowiska, np. Kłodnicy powyżej zbiornika Dzierżno Duże, Brynicy poniżej zbiornika Kozłowa Góra, Czarnej Przemszy poniżej zbiornika Przeczyce, Pogorii poniżej zbiorników: Pogoria, Rawa, Ruda itd. (Jankowski, 1986, 1987; Czaja, 1988, 1999 i inni).

## 2.2.4. Gleby i szata roślinna

Rozmieszczenie lasów na obszarze Wyżyny Śląskiej nie jest równomierne. Daje się zauważyć stosunkowo duży odsetek powierzchni leśnych na jej obrzeżach oraz wielkoobszarowe wylesienia w części centralnej, które identyfikuje się – jak podaje M. Troc (1975) – z wycinkami drewna na potrzeby górnictwa i hutnictwa. Sięgające średniowiecza wylesienie centralnej części Wyżyny Śląskiej jest skutkiem wykorzystywania drewna jako podstawowego materiału budowlanego w sztolniach oraz rozwoju przemysłu wydobywczego i hutnictwa w okresach późniejszych (Rahmonow, 1999). Część wycinek została zagospodarowana przez wtórne zalesienia. W kwestii przeobrażeń szaty roślinnej oraz pokrywy glebowej autorzy wielu prac naukowych są zgodni – uległa ona znaczącym zmianom w wyniku oddziaływania antropopresji (np. Rostański, 1997).

Wszystkie dobrze wyodrębnione zespoły roślinne na Wyżynie Śląskiej można zgrupować w trzy podstawowe typy zbiorowisk, opisywane przez S. Wikę (1997). Zbiorowiska leśne i zaroślowe są reprezentowane najczęściej przez lasy liściaste i bory sosnowe okalające uprzemysłowione, zurbanizowane tereny oraz mające charakter wtórny, rzadziej przez lasy siedlisk świeżych, wilgotnych i mokrych, a raczej sporadycznie przez lasy grabowo-dębowe czy też łągi i olsy. Zbiorowiska nieleśne naturalne stanowią zespoły roślinności między innymi wodnej, błotnej i szuwarowej. Na omawianym obszarze są stosunkowo powszechne ze względu na wielość tego typu środowisk (liczne tereny wodne i podmokłe będące konsekwencją oddziaływania antropopresji). Ze zbiorowiskami nieleśnymi pochodzenia antropogenicznego należy wiązać łąki występujące na północnych obrzeżach Górnośląskiego Okręgu Przemysłowego. Oczywiście istnieje ścisły związek pomiędzy szatą roślinną a typem gleb i rodzajem skały macierzystej. Stąd swoiste interakcje, np. lasy bukowe, bukowo-dębowe oraz mieszane z domieszką dębu, lipy i wiązu występują na rędzinach lub glebach brunatnych wytworzonych z wapieni, margli i dolomitów (m.in. zlewnia zbiornika Przeczyce i Kozłowa Góra). Z kolei obszary z utworami fluwioglacjalnymi porastają lasy z przewagą sosny, a lasy liściaste dominują na terenach związanych z glebami brunatnymi.

Wysoce urozmaicona na obszarze zlewni omawianych zbiorników wodnych jest szata roślinna, co z jednej strony stanowi

rezultat zróżnicowania litologicznego zajmowanych przez nie powierzchni, z drugiej natomiast wiąże się z funkcją określonego sposobu jej użytkowania, np. lasy na terenie zlewni zbiornika Dzierżno Duże obejmują ok. 20% powierzchni i w zdecydowanej większości przypadków stanowią je wtórne zadrzewienia (w składzie gatunkowym dominuje drzewostan sosnowy), przy czym ich udział powierzchniowy wzrasta w kierunku zachodnim (Rzętała, 2000a). Zlewnia zbiornika Kozłowa Góra charakteryzuje się zalesieniem prawie całej zachodniej części, gdy tymczasem wschodnia jest użytkowana rolniczo (Czaja, 1988). Przestrzenne zróżnicowanie rozmieszczenia lasów na terenie zlewni zbiornika Przeczyce determinuje obecność mniej rozległych powierzchni użytkowanych rolniczo. Z kolei w zlewni zbiornika Pogoria III w zasadzie nie ma gruntów użytkowanych rolniczo, dominują natomiast powierzchnie leśne i miejscami tereny przemysłowe.

Przeprowadzone rozpoznania botaniczne w strefach litoralnych zbiorników wykazały występowanie zbiorowisk roślin synantropijnych, a w strefie wahań stanów wody również ruderalnych. W otoczeniu większości badanych obiektów dominowały łąkowe zbiorowiska roślinne oraz roślinność szuwarowa lub bagienna i błotna. Najbardziej zaawansowane zarastanie jest domeną północnej części zbiornika Kozłowa Góra. Już w 1957 roku (Leszczycki, Tokarski, 1970) powierzchnia zbiornika zajmowana przez roślinność wynosiła 92 ha, co stanowiło podstawę ostrzeżenia o jej wzmożonym rozwoju i prawdopodobnym wtórnym zanieczyszczeniu wody.

Zróżnicowanie, o którym mowa, jest wyraźne również w kontekście stopnia zanieczyszczenia i degradacji gleb. W zlewni zbiornika Dzierżno Duże gleby nie nadają się do wykorzystania rolniczego (użytki rolne stanowią 42% powierzchni zlewni) ze względu na antropogeniczne przeobrażenie, co zostało zasygnalizowane w wielu publikacjach (m.in. Marchwińska i in., 1988; Celiński i in., 1991; Janosz-Rajczyk, 1993). Podobnie przedstawia się omawiany problem w odniesieniu do zlewni zbiornika Pogoria III, co potwierdzają w swoich pracach między innymi K. Rostański (1990) i A. Wrona (1990). Gleby zlewni zbiorników Przeczyce oraz Kozłowa Góra też są obciążone antropogenicznie, ale w stopniu zdecydowanie mniejszym.

## 2.3. Cechy morfometryczne i charakterystyka hydrotechniczna zbiorników wodnych

Obiektami szczegółowych badań były cztery zbiorniki wodne, tj. dwa zaporowe (Kozłowa Góra, Przeczyce) oraz dwa poeksploatacyjne (Dzierżno Duże, Pogoria III). Są one zróżnicowane pod wieloma względami – począwszy od okresu funkcjonowania (Pogoria – od 1974 roku, Przeczyce – od 1963 roku; Świerklaniec – od 1939 roku, Dzierżno Duże od 1964 roku), a skończywszy na podstawowych parametrach morfometrycznych, które określono w celu uzyskania wielu informacji pomocnych w rozważaniach morfologicznych (tab. 5; rys. 3–6).

Z wykonanych planów batymetrycznych wynika, iż omawiane zbiorniki wodne charakteryzują się zupełnie odmiennym układem izobat. W przypadku zbiorników poeksploatacyjnych (Dzierżno Duże i Pogoria III) układ izobat nawiązuje do hipsometrii sztucznie ukształtowanej powierzchni dawnych pól eksploatacyjnych piasku, a lokalizacja miejsc o największych głębokościach jest warunkowana potrzebami eksploatacyjnymi. Natomiast w zbiornikach zaporowych największe głębokości występują w częściach przyzaporowych, a dna mis zajmują dna i zbocza dolin o zdecydowanie mniejszych spadkach.

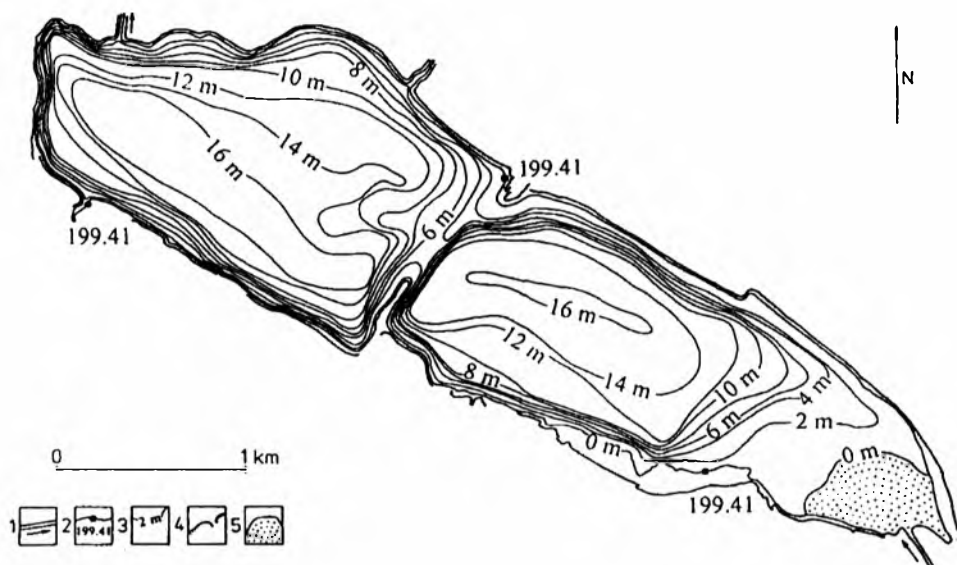
Wyszczególnione zbiorniki wodne są zróżnicowane również pod względem funkcjonalności gospodarczej (ich rola w środowisku przyrodniczym jest raczej podobna), co znajduje proste przełożenie na odmienności w zagospodarowaniu wybrzeży.

Największy ze zbiorników – Dzierżno Duże (rys. 3) – stanowi źródło wody zapewniające warunki żeglugi na Kanale Gliwickim, a pośrednio również na Odrze, z czym wiąże się obecność nielicznych urządzeń hydrotechnicznych (kaskada wlotowa Kłodnicy, jaz wpuszczający nadmiar wody z kanału do zbiornika, tzw. wieża upustów wody ze zbiornika). Ponadto – jak podaje M. Rzętała (2000a) – jest on „naturalnym” osadnikiem dla silnie zanieczyszczonych wód Kłodnicy prowadzącej wody z zachodniej części – opisywanej między innymi przez S. Czaję (1999) – konurbacji katowickiej. Z tych względów wybrzeża zbiornika nie są zagospodarowane. Brzegi mają charakter naturalny, a jedynie sektor zachodni jest wybrzeżem nadbudowanym antropogenicznie i już w strefie wysokich stanów wody umocniony płytami betonowymi. Są to brzegi klifowe lub wysokie z klifem martwym na około 75% dłu-

Podstawowe dane morfometryczne wybranych zbiorników wodnych\*

Parametry powierzchni i misy zbiorników	Nazwa zbiornika wodnego			
	Pogoria III	Przeczyce	Świerklaniec	Dzierżno Duże
Minimalny poziom piętrzenia	259,00 m n.p.m.	282,60 m n.p.m.	275,10 m n.p.m.	194,50 m n.p.m.
Normalny poziom piętrzenia	259,00 m n.p.m.	289,25 m n.p.m.	278,56 m n.p.m.	202,50 m n.p.m.
Maksymalny poziom piętrzenia	261,30 m n.p.m.	290,00 m n.p.m.	278,93 m n.p.m.	203,50 m n.p.m.
Powierzchnia zbiornika (przy maksymalnym poziomie piętrzenia)	2,08 km <sup>2</sup>	4,70 km <sup>2</sup>	5,87 km <sup>2</sup>	6,15 km <sup>2</sup>
Długość zbiornika	2,0 km	4,2 km	3,9 km	5,8 km
Szerokość maksymalna zbiornika	1,5 km	1,5 km	1,8 km	1,5 km
Średnia szerokość	1,03 km	1,12 km	1,50 km	1,06 km
Wskaźnik wydłużenia	1,96	3,75	2,60	5,47
Długość linii brzegowej	6,5 km	13,8 km	12,5 km	15,7 km
Uwyspienie	0,0%	0,6%	0,0%	0,0%
Pojemność martwa (przy minimalnym poziomie piętrzenia)	7,47 hm <sup>3</sup>	1,24 hm <sup>3</sup>	0,67 hm <sup>3</sup>	40,50 hm <sup>3</sup>
Pojemność użytkowa (przy maksymalnym poziomie piętrzenia)	4,56 hm <sup>3</sup>	16,55 hm <sup>3</sup>	12,38 hm <sup>3</sup>	47,50 hm <sup>3</sup>
Rezerwa powodziowa (przy maksymalnym poziomie piętrzenia)	0,00 hm <sup>3</sup>	2,95 hm <sup>3</sup>	2,25 hm <sup>3</sup>	6,00 hm <sup>3</sup>
Pojemność całkowita (przy maksymalnym poziomie piętrzenia)	12,03 hm <sup>3</sup>	20,74 hm <sup>3</sup>	15,30 hm <sup>3</sup>	94,00 hm <sup>3</sup>
Głębokość maksymalna (przy maksymalnym poziomie piętrzenia)	15,9 m	9,1 m	4,9 m	20,0 m
Głębokość średnia (przy maksymalnym poziomie piętrzenia)	5,8 m	4,4 m	2,6 m	15,3 m
Wskaźnik odsłonięcia (otwartości) zbiornika	36	107	226	40
Wskaźnik zwartości	0,0578	0,0441	0,0261	0,1528
Wskaźnik rozwinięcia objętości	1,09	1,45	1,59	2,29
Wskaźnik kształtu misy zbiornika	0,36	0,48	0,53	0,76

\* Opracowanie na podstawie danych własnych oraz ODGW w Gliwicach i GPW w Katowicach.

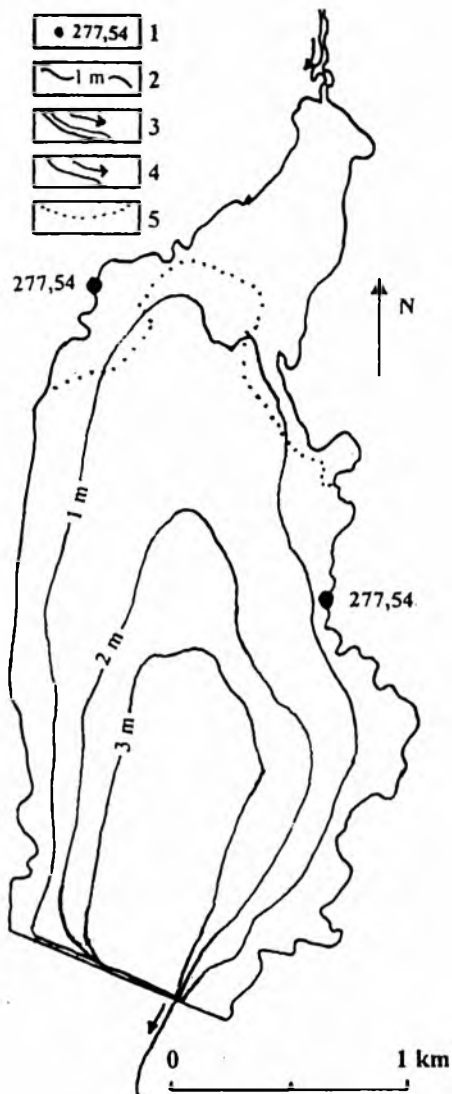


**Rys. 3.** Plan batymetryczny zbiornika Dzierżno Duże (wg: Rzętała, 2000a)  
**1** – cieki, **2** – rzędna zwierciadła wody w zbiorniku w czasie wykonywania pomiarów, **3** – izobaty (w m),  
**4** – skarpy, **5** – delty

gości linii brzegowej, a tylko 25% stanowią brzegi niskie (płaskie) lub są to powierzchnie o znacznym nachyleniu (np. wspomniany wał zachodni).

Zbiornik Kozłowa Góra (rys. 4) jest przede wszystkim źródłem wody dla gospodarki komunalnej i przemysłu, spełnia też funkcje przeciwpowodziowe, dlatego inne formy użytkowania i zagospodarowania obiektu (wędkowanie, sporadycznie kajakarstwo) są marginalizowane. Infrastruktura zbiornika wiąże się ściśle z jego aktualnym wykorzystaniem. Na lewym przyczółku zapory czołowej zlokalizowano ujęcie wody dla pobliskiego Zakładu Produkcji Wody w Wymysłowie, a w południowej części prawego brzegu zbiornika – antropogenicznie obwałowanego na całej długości – znajduje się przystań koła Polskiego Związku Wędkarskiego. Na pozostałych wybrzeżach, również płaskich, zajmowanych przez roślinność wodną, bagienną, błotną i trawiastą, brak jest elementów zabudowy hydrotechnicznej.

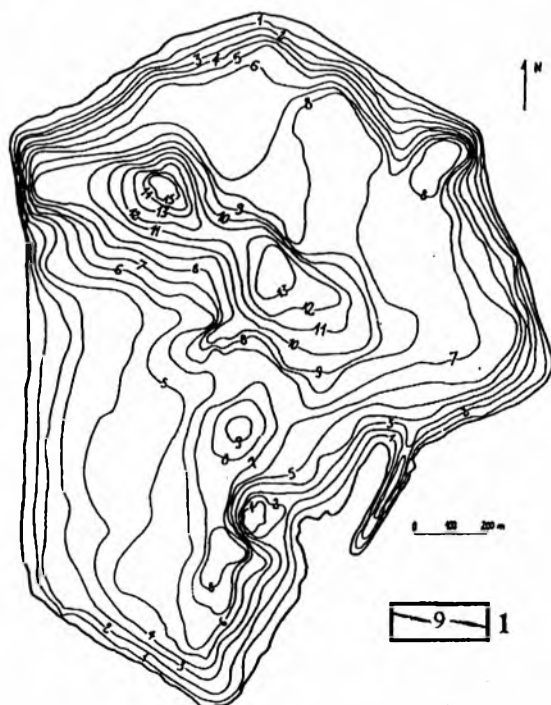
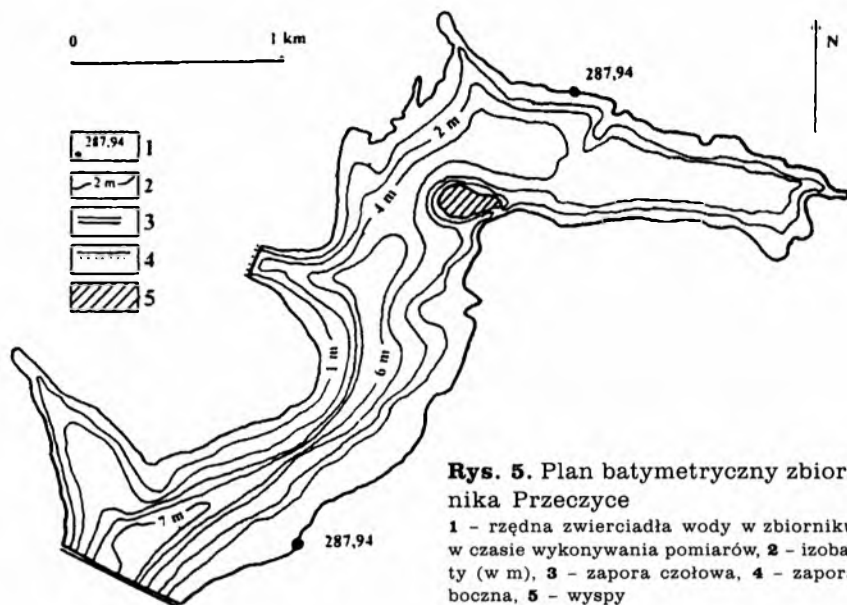
Zbiornik Przeczyce oprócz zadań przeciwpowodziowych od początku eksploatacji spełnia funkcje rekreacyjne (rys. 5), mimo że do 1994 roku przez zlokalizowane w zaporze czołowej ujęcie pobierano wodę przerzucaną następnie do zlewni Brynicy. Zbiornik umożliwia również przepływ nienaruszalny w Przemszy poniżej zapory czołowej, co ma istotne znaczenie dla zaopatrzenia



**Rys. 4.** Plan batymetryczny zbiornika Kozłowa Góra (Świerklaniec)

1 - rzędna zwierciadła wody w zbiorniku w czasie wykonywania pomiarów, 2 - izobaty w metrach, 3 - dopływ powierzchniowy, 4 - odpływ ze zbiornika, 5 - południowy zasięg zwartej roślinności wodnej porastającej północną część zbiornika

w wodę między innymi będzińskiej elektrocieplowni. Oprócz zapory czołowej w Przeczycach i bocznej w Boguchwałowicach, sztucznych umocnień brzegu w celu ochrony asfaltowej drogi od strony Tuliszwia oraz kilku trwale osadzonych w podłożu pomostów dla łodzi i żaglówek (dawniej również motorówek) w strefie wybrzeży nie występują istotne trwałe elementy zabudowy, a zdecydowanie przeważają płaskie (niskie) powierzchnie, w strefie zapór zaś betonowe o dużym nachyleniu, z kolei wysokie (klifowe) stanowią ułamek procenta długości linii brzegowej.





Zbiornik Pogoria III (rys. 6) pełni funkcje rekreacyjne będąc jednocześnie – dawniej sporadycznie eksploatowanym, a obecnie praktycznie wcale nie wykorzystywanym – rezerwowym źródłem wody dla Huty Katowice. Charakteryzuje się znikomym zagospodarowaniem brzegów. Są to: betonowe nabrzeże przy stacji poboru wody i zlokalizowany tam ośrodek rekreacyjny, dwa pomosty tzw. ruchome w południowej części zbiornika, które przez M. Rzętałę (1994) zostały sklasyfikowane jako wybrzeża płaskie na 73% długości linii brzegowej oraz brzegi wysokie stanowiące 14,3% jej długości.

### **3. Uwarunkowania zmian ilościowo-jakościowych w morfologii mis zbiornikowych**

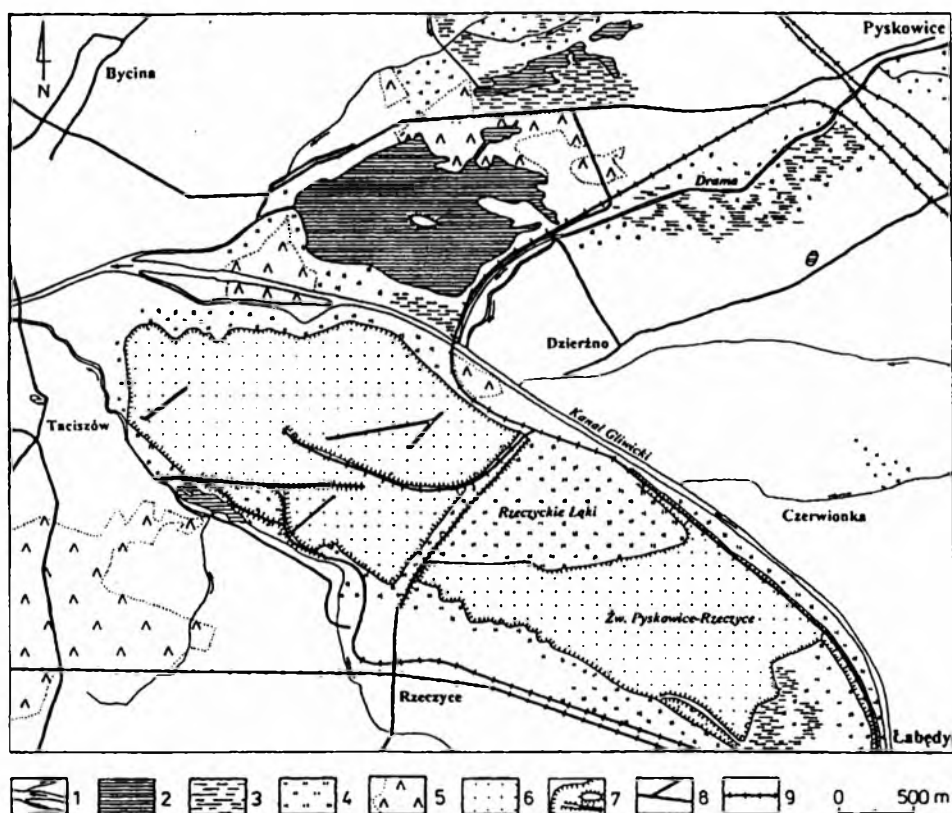
W rozwoju morfologicznym mis sztucznych zbiorników wodnych wyjątkowo dużą rolę odgrywają pewne działania związane z przekształcaniem rzeźby potencjalnej misy zbiornikowej, a mające charakter zabiegów przygotowujących teren do powierzchniowej retencji wody. Działania te są stosunkowo rzadko opisywane, mimo że prowadzi się je w każdym przypadku przeznaczania powierzchni pod zalanie. Niejednokrotnie decydują one o tempie zmian morfologicznych dna i stref litoralnych w trakcie napełniania misy wodą. Późniejsza ewolucja mis sztucznych jezior zależy od przebiegu procesów brzegowych oraz charakteru powstawania osadów dennych.

#### **3.1. Niektóre działania w okresie przygotowania zbiorników do eksploatacji**

W każdym z omawianych zbiorników wodnych działania w okresie poprzedzającym ich budowę lub samoistne powstanie są często zupełnie odmienne, ponieważ warunkowane genezą misy zbiornikowej.

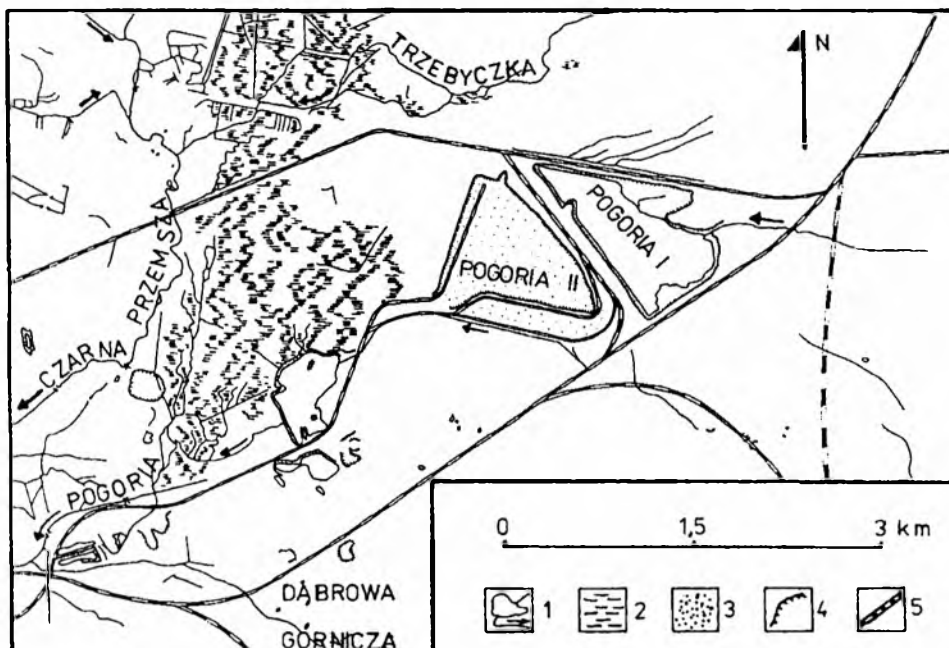
Największe zmiany w morfologii powstają w okresie poprzedzającym utworzenie zbiornika w dole poeksploatacyjnym. W związ-

ku z odkrywkową eksploatacją piasku stosunkowo często mamy do czynienia z wyrobiskami o stromych (lub o dużym nachyleniu) ścianach i stosunkowo płaskim dnie. Tak było w przypadku zbiorników Dzierżno Duże oraz Pogoria III (rys. 7, 8). Pierwotne tereny o krajobrazie charakterystycznym dla płaskich den dolinnych w wyniku działalności człowieka zostały urozmaicone przez wkomponowanie nowego elementu, jakim jest wklęsła forma wyrobiska. W tej sytuacji człowiek w całości decyduje o pierwotnym kształcie misy zbiornika. Lokalny rozwój morfologiczny, wcześniej podporządkowany głównie erozji rzeki, początkowo zostaje zastąpiony procesami spłukiwania i ruchami masowymi, wreszcie po wypełnieniu wodą – niezwykle dynamicznymi procesami abrazyjnymi oddziałującymi na zupełnie innym horyzoncie (zależnym od



**Rys. 7.** Obszar obecnego zbiornika Dzierżno Duże w okresie eksploatacji piasku (wg: *Mapa topograficzna...*, 1960)

1 – cieki, 2 – zbiorniki wodne, 3 – tereny podmokłe, 4 – łąki, 5 – lasy, 6 – obszary eksploatacji piasku, 7 – nasypy, skarpy, 8 – drogi, 9 – linie kolejowe

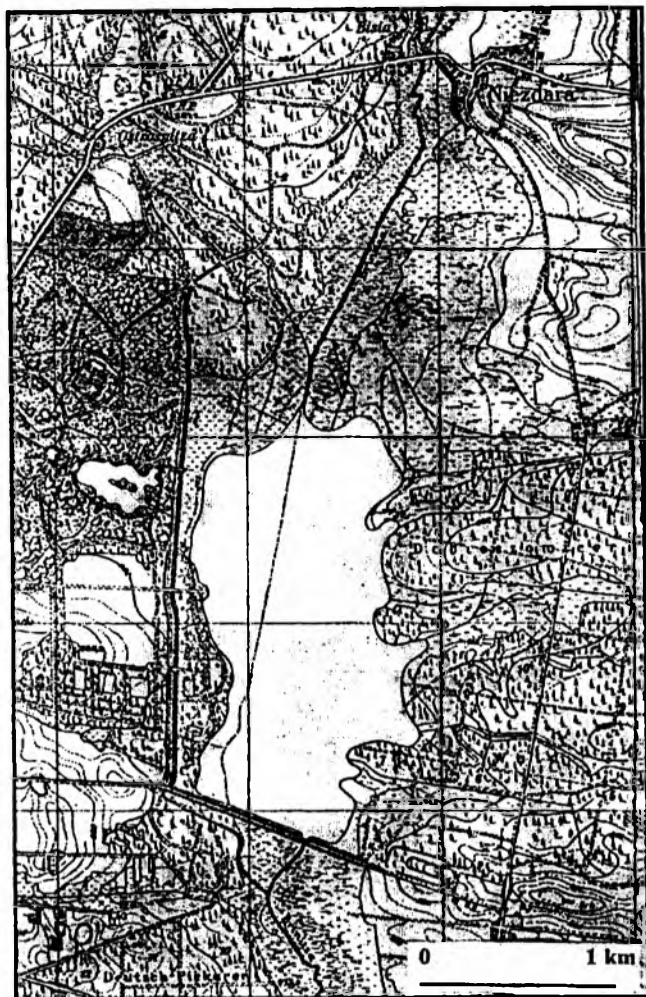


**Rys. 8.** Obszar obecnego zbiornika Pogoria III w okresie poprzedzającym eksploatację piasku (wg: *Mapa topograficzna...*, 1960)

1 – ciek i zbiorniki wodne, 2 – tereny podmokłe, 3 – tereny eksploatacji piasku, 4 – skarpy, 5 – linie kolejowe

strefy wahań stanów wody). Można przypuszczać, że misa zbiornika w późniejszej ewolucji morfologicznej nigdy nie będzie tak dynamicznie reagować na warunki środowiska (w tym przypadku sztucznie stworzone przez człowieka).

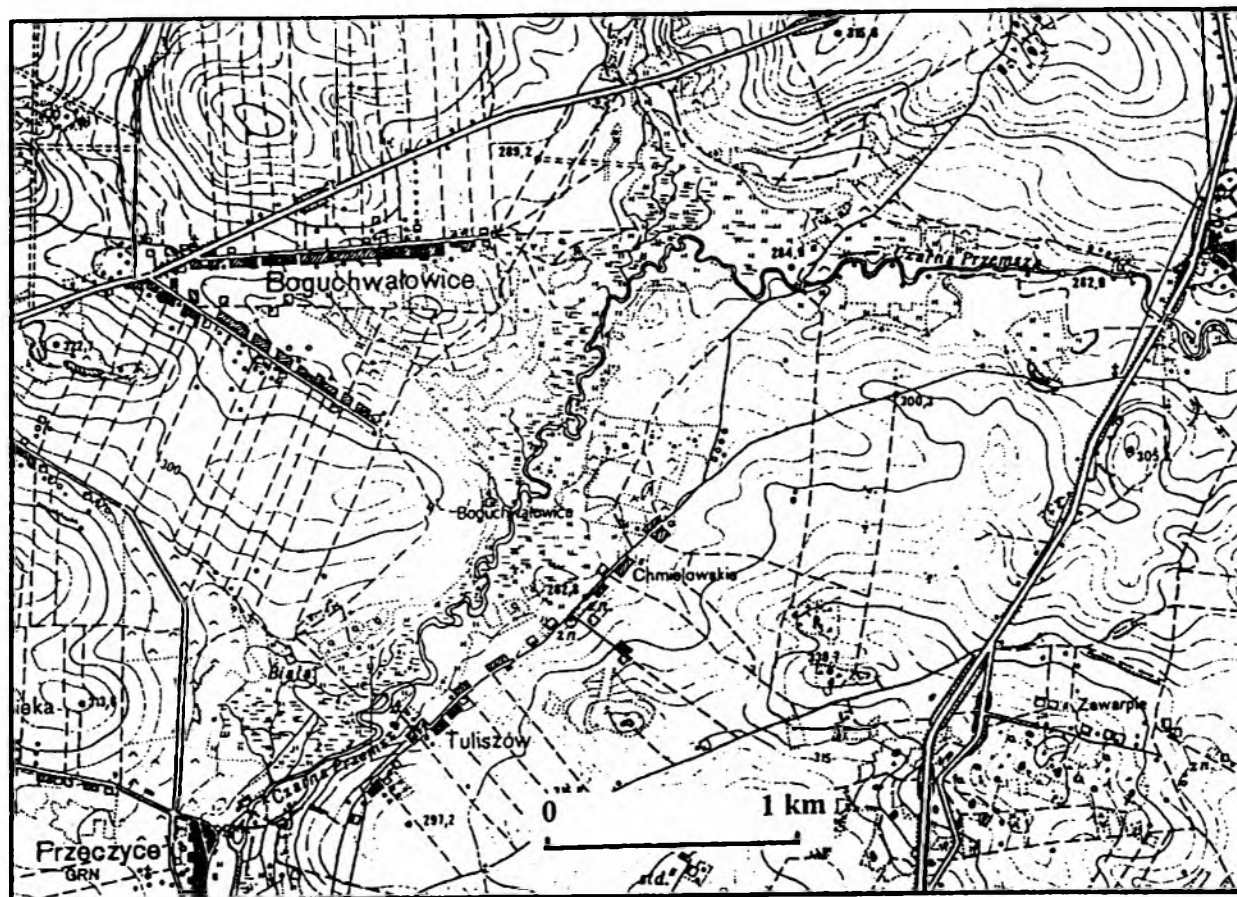
Jeśli chodzi o budowę zbiorników zaporowych, a do takich należą Kozłowa Góra i Przeczyce, to następują również przeobrażenia w krajobrazie, które odegrają pewną rolę w późniejszym rozwoju morfologicznym. Ze względu na zdecydowanie mniejsze spadki zboczy doliny (w odniesieniu do stromych krawędzi poeksploatacyjnych) zmiany w morfologii związane z podpiętrzaniem zwierciadła wody nie będą przebiegały tak intensywnie, a na kształt misy człowiek ma raczej ograniczony wpływ. Następuje też zmiana bazy erozyjnej, aczkolwiek stworzono warunki dogodne do akumulacji rumowiska, które wcześniej na tych terenach nie występowały w takim zakresie. Zbiornik Kozłowa Góra zajął miejsce szerokiej, dość płaskiej doliny o niewielkim spadku i słabo zarysowanych zboczach (rys. 9, 10). Z kolei zbiornik Przeczyce wypełnia zamkniętą zwężeniem przełomu stosunkowo wąską dolinę



**Rys. 9.** Dolina Brynicy na terenie obecnego zbiornika Kozłowa Góra na początku lat 40. XX wieku (wg: *Herausgegeben...*, 1943)

o płaskim nierównym dnie, zajmowanym przez meandrującą rzekę oraz wyraźnie odznaczających się zboczach.

Ponadto warto wspomnieć, że działalność człowieka jest determinantą zmian w morfologii mis zbiorników wodnych powstających w nieckach osiadania i zapadliskach. Pierwotny kształt misy tych sztucznych jezior warunkują czynniki przyrodniczo-antropogeniczne, ponieważ jest on uzależniony od tempa i zasięgu procesów osiadania i zapadania, które uznaje się za procesy naturalne wyłącznie inicjowane działalnością człowieka.



**Rys. 10.** Dolina Czarnej Przemszy na terenie obecnego zbiornika Przeczyce (wg: *Mapa topograficzna...*, 1960)

## **3.2. Procesy brzegowe i ich uwarunkowania**

Procesy brzegowe należy definiować jako zespół systemowo zachodzących zmian po obu stronach linii brzegowej naturalnego lub sztucznego zbiornika wodnego o charakterze mechanicznego i chemicznego oddziaływania wód limnicznych na wybrzeże. W rezultacie tego oddziaływania występują przeobrażenia wszystkich elementów krajobrazu strefy litoralnej. Mimo że w niniejszej pracy przedmiotem badań jest przede wszystkim rzeźba misy jeziornej, to nie sposób rozpatrywać jej ewolucji bez dogłębnej analizy uwarunkowań rozwoju procesów brzegowych.

Przebieg, a zwłaszcza zasięg oraz intensywność procesów brzegowych warunkujących zmiany morfologiczne stref litoralnych zbiornika wodnego zależą od wielu czynników, wśród których najczęściej wymienia się: ukształtowanie i ekspozycję wybrzeży, głębokość i wielkość zbiornika, falowanie, litologię, roślinność, pokrywę lodową, oraz zasilanie powierzchniowe (Korolec, 1968; Drwał, Gołębiewski, 1968; Banach, 1993a; Rzętała, 1994; Michalewicz i in., 1995; Rzętała, 1998; Jaguś, 2000). Trudno jest wskazać rolę poszczególnych czynników w kształtowaniu rzeźby wybrzeża. Jednak szczegółowe badania terenowe i analiza konkretnych form brzegowych pozwala wyodrębnić czynnik bądź grupę czynników mających decydujący wpływ na jej charakter.

### **3.2.1. Rola falowania w rozwoju procesów brzegowych**

Wody jeziorne podlegają przemieszczeniom podobnym do wód morskich i oceanicznych, jednak ze względu na niewielkie powierzchnie zbiorników wodnych zachodzą one w zdecydowanie mniejszej skali. Falowanie jest jednym z ważniejszych czynników modelujących linię brzegową, wpływa też na sukcesję roślinności przybrzeżnej, ruch rumowiska i depozycję zawiesiny (Choiński, 1995).

Największą rolę w przeobrażaniu rzeźby wybrzeży zbiorników wodnych na Wyżynie Śląskiej i jej obrzeżach odgrywa falowanie wiatrowe, natomiast falowanie swobodne (falowanie martwe, rozkołys) i wymuszone antropogenicznie są mniej istotne ze względu na niewielką efektywność i sporadyczne występowanie.

Rozwój fal wiatrowych na powierzchni zbiorników zależy od charakteru warunków naturalnych ich otoczenia. Do sprzyjających warunków naturalnych można zaliczyć: brak terenowych osłon w postaci lasów, brak zwartej zabudowy i wypukłych form rzeźby terenu otoczenia zbiorników, a także dużą powierzchnię i wydłużenie misy w kierunku zgodnym z kierunkami wiatrów o największej częstości i sile. Przeciwnostawność wymienionych uwarunkowań środowiskowych decyduje z kolei o ograniczonych możliwościach pełnego rozwoju falowania wiatrowego. Istotna więc dla znajomości roli falowania w kształtowaniu rzeźby strefy litoralnej jest wiedza o warunkach wiatrowych otoczenia zbiorników (tab. 6, 7).

Tabela 6

Rozkład kierunków wiatru na wybranych stacjach meteorologicznych  
(opracowanie własne na podstawie danych IMiGW w Katowicach) (w %)

Stacja	Okres	Cisze	Kierunki								Razem
			N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	
Czekanów	1973–1990	16,3	6,9	4,6	7,2	8,4	10,0	18,6	10,6	17,4	100,0
Świerklaniec	1961–1990	4,7	7,2	6,9	7,4	7,0	7,0	19,2	21,2	19,4	100,0
Pyrzowice	1989–1998	4,8	7,2	6,1	11,9	8,8	8,6	18,9	21,8	11,9	100,0
Ząbkowice	1961–1990	16,9	7,4	7,4	13,9	6,3	4,8	15,5	16,4	11,4	100,0
Katowice	1961–1990	7,0	6,3	7,1	11,0	9,1	6,5	20,1	21,0	11,9	100,0

Tabela 7

Rozkład średnich prędkości wiatru na wybranych stacjach meteorologicznych  
(opracowanie własne na podstawie danych IMiGW w Katowicach) (w m/s)

Stacja	Okres	Cisze	Kierunki								$V_{dc}$
			N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	
Czekanów	1973–1990	–	2,9	2,4	2,7	2,3	2,6	4,1	3,9	3,9	2,8
Świerklaniec	1961–1990	–	2,4	2,2	2,3	2,1	2,7	3,1	3,4	3,1	2,7
Pyrzowice	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Ząbkowice	1961–1990	–	2,4	2,7	3,0	2,2	2,3	3,0	3,1	2,7	2,3
Katowice	1961–1990	–	2,6	2,6	3,3	2,7	2,8	4,1	4,1	3,7	3,3

– brak danych.

Na obszarze, na którym są zlokalizowane omawiane zbiorniki wodne, zdecydowanie dominują wiatry z sektora zachodniego, tj. SW, NW, W (tab. 6). Są to jednocześnie wiatry o największych prędkościach, a więc potencjalnie o największych siłach, przyczyniające się tym samym do inicjowania procesów brzegowych wywo-



łanych falowaniem wiatrowym. Cisze w zależności od posterunku pomiarowego stanowiły od kilku do kilkunastu procent ogólnej liczby obserwacji w roku. Zdecydowanie najczęściej występowały wiatry o prędkości do 2 m/s, wiatry zaś o sile przekraczającej 10 m/s stanowiły niewielki odsetek przypadków pomiarowych.

Z obserwacji terenowych wiadomo, że falami najczęściej występującymi na omawianych zbiornikach były fale o wysokości 10–20 cm przy prędkości wiatru do 5 m/s. Z kolei przy prędkości wiatru wynoszącej 10–15 m/s wysokość fal dochodziła do ponad 50 cm i była zróżnicowana w zależności od długości efektywnej zbiornika (długości „rozpędu” fali).

Stwierdzono, że najbardziej efektywne morfologicznie są wiatry o prędkościach przekraczających 10 m/s. Jednak jeśli chodzi o zbiorniki charakteryzujące się dużymi i częstymi wahaniami stanów wody dużą rolę w modelowaniu rzeźby ich wybrzeży odgrywają występujące częściej wiatry o mniejszych prędkościach. Wynika to z faktu krótko trwającej, ale obejmującej coraz to nowe partie wybrzeża modyfikacji rzeźby przez fale o niewielkiej wysokości. Determinantą czasu ekspozycji wybrzeża na oddziaływanie nawet niewielkich fal są wahania stanów wody. Im częstsze ich występowanie i zakres, tym bardziej dynamiczne zmiany rzeźby obejmujące przestrzenie odpowiadające zasięgowi wahań. Specyficzne ukształtowanie rzeźby wybrzeży zbiorników, zwłaszcza poeksploatacyjnych (niewielkie powierzchniowo platformy abrazyjne, duża głębokość w strefie przybrzeżnej) powoduje, że transformacja fal głębokowodnych na fale płytkowodne odbywa się w niewielkiej odległości od brzegów zbiornika.

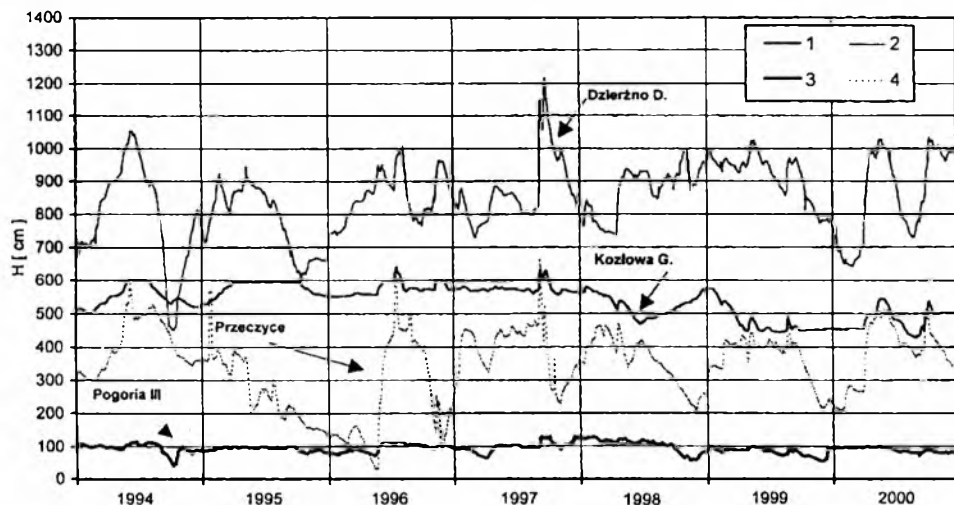
Niewielkie powierzchnie zbiorników na Wyżynie Śląskiej i jej obrzeżach powodują, że prądy wody – w stosunku do innych czynników morfodynamicznych – słabo zaznaczają się w morfologii strefy brzegowej. Powstawanie tego typu prądów stwierdza się w okresach występowania wiatrów nawet o niewielkiej sile, których kierunki pokrywają się z dłuższą osią zbiornika. Materiał przemieszczany wówczas wzdłuż wybrzeża przez prądy litoralne powstające w wyniku natarcia fal na brzeg posiada wprawdzie zapis w rzeźbie i osadach, lecz ma charakter okresowy związany z określoną sytuacją anemologiczną.

### **3.2.2. Wpływ poziomu piętrzenia wody na charakter zmian morfogenetycznych wybrzeża**

Wahania stanów wody zarówno w naturalnych, jak i sztucznych zbiornikach wodnych w istotny sposób wpływają na charakter morfologii zwłaszcza tych fragmentów wybrzeża, które znajdują się w strefie wyznaczonej przez zasięg ekstremalnych stanów wody, aczkolwiek najbardziej dynamiczne zmiany morfologiczne kształtowane przebiegiem procesów brzegowych dotyczą sąsiedztwa strefy stanów średnich. W związku z tym zakres wahań stanów wody znajduje proste przełożenie na wielkość powierzchni rzeczywistej uzależnionej od kąta nachylenia powierzchni topograficznej, tzn. im większy zakres wahań stanów wody przy mniejszym jej nachyleniu, tym większa powierzchnia ekspozycja na czynne oddziaływanie środowiska wodnego. Odrębnym zagadnieniem w tym kontekście pozostają różne zakresy wahań stanów wody, inne są w zbiornikach sztucznych, a inne w jeziorach jako obiektach naturalnych.

Zmienność poziomu wód w zbiornikach naturalnych zależy przede wszystkim od zmian klimatycznych oraz poziomu wód gruntowych (Nowaczyk, 1994) i jest wypadkową różnorodnego zasilania jezior (Choiński, 1995). Wahania poziomu wody w omawianych sztucznych zbiornikach wodnych są wynikiem częstych zmian poziomu piętrzenia warunkowanych realizacją różnorodnych działań, czyli zadań, do jakich dany zbiornik został przeznaczony (rys. 11).

W zbiorniku Dzierżno Duże, zasilanym wodami Kłodnicy, retencjonowaną wodę wykorzystuje się do zasilania przebiegającego w pobliżu Kanału Gliwickiego. Pobór wody na wspomniany cel zależy od natężenia żeglugi, która często ma charakter okresowy. Zbiornik Kozłowa Góra (Świerklaniec) będący ogniwem w systemie zaopatrzenia w wodę regionu górnośląskiego, charakteryzują nieco mniejsze wahania stanów wody, aczkolwiek rzadko spotykane w odniesieniu do niewielkiej głębokości średniej. Zbiornik Przeczyce, mając na celu przede wszystkim zapewnienie przepływu Przemszy pozwalającego na funkcjonowanie ujęć wodnych zlokalizowanych poniżej zapory oraz umożliwienie rozwoju rekreacji z wykorzystaniem powierzchni wodnej odznacza się jeszcze mniejszym zakresem wahań stanów wody. Zmiany rzędnej piętrzenia, porównywalne ze zbiornikami wcześniej omówionymi, w przeszłości zdarzały się często, gdy wodę ze zbiornika pompo-



**Rys. 11.** Codzienne poziomy piętrzenia (stany wody) w wybranych zbiornikach wodnych w latach hydrologicznych 1994–2000 (opracowanie własne na podstawie danych ODGW i RZGW w Gliwicach oraz GPW w Katowicach)  
**1** – Kozłowa Góra (272,08 m n.p.m. + H), **2** – Dzierżno Duże (190 m n.p.m. + H), **3** – Pogoria III (260 m n.p.m. + H), **4** – Przeczyce (283 m n.p.m. + H)

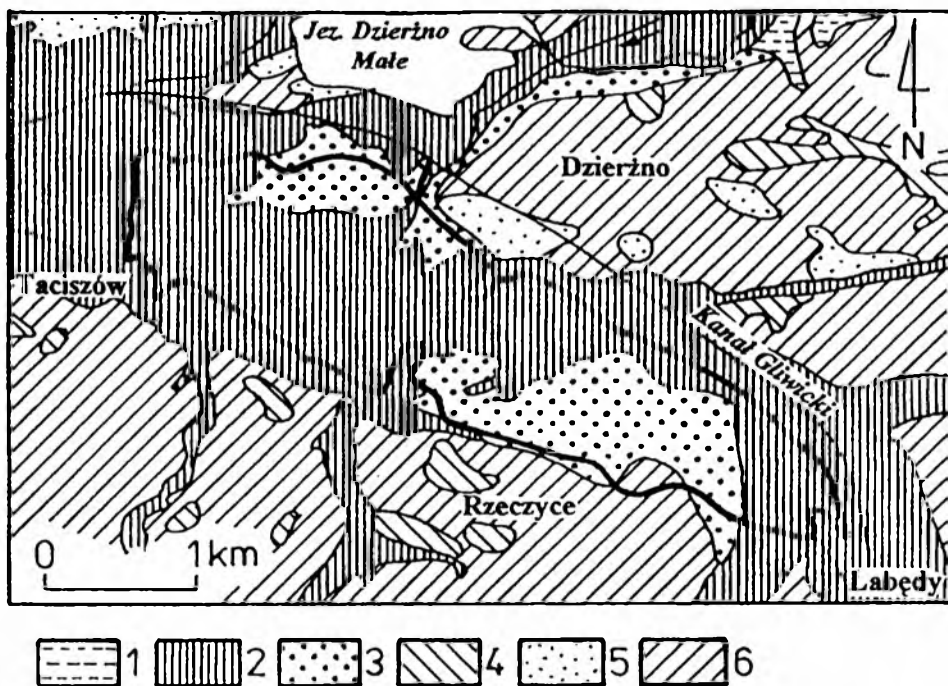
wano w związku z zasilaniem Brynicy dopływającej do zbiornika Świerklaniec, natomiast od kilku lat można je uznać za sporadyczne (np. w latach 1994–1995, gdy prowadzono remont zapory). W zbiorniku Pogoria III wahania stanów wody są najmniejsze i rzadko w przeszłości przekraczały 1 m, najczęściej wynosząc od kilkunastu do kilkudziesięciu cm.

W każdym z omawianych zbiorników nierównomierny pobór wody przy stosunkowo wyrównanym przepływie rzek zasilających jest przyczyną częstych wahań stanów wody. Najwyższe stany wody występują w okresach wiosennych roztopów, najniższe zaś przypadają na okresy letnich niżówek. Sporadyczne, aczkolwiek znaczące różnice w poziomie piętrzenia wody w niektórych zbiornikach w ostatnich latach wynikały również z trwających w pewnych okresach remontów różnego rodzaju urządzeń i elementów zabudowy hydrotechnicznej (np. wieża upustów zbiornika Dzierżno Duże, zaporą zbiornika Przeczyce, strefa niecki wypadowej zbiornika Kozłowa Góra). Częste zmiany stanów wody znajdowały swoje odzwierciedlenie w istnieniu kilku poziomów teras jeziornych na wybrzeżach płaskich oraz w zmianach charakteru klifu z czynnego na martwy – bądź odwrotnie w odniesieniu do wybrzeży stromych (Michalewicz i in., 1995). Wahania stanów wody w zbiornikach decydują o tempie i rozmiarach akumulacji lub ero-

zji w strefie odcinków ujściowych cieków je zasilających. Tego typu związek jest powszechnie znany (Klimek i in., 1990), aczkolwiek szczególnie wyraźny w obrębie zbiornika Włocławek (Babiński, Banach, 1992).

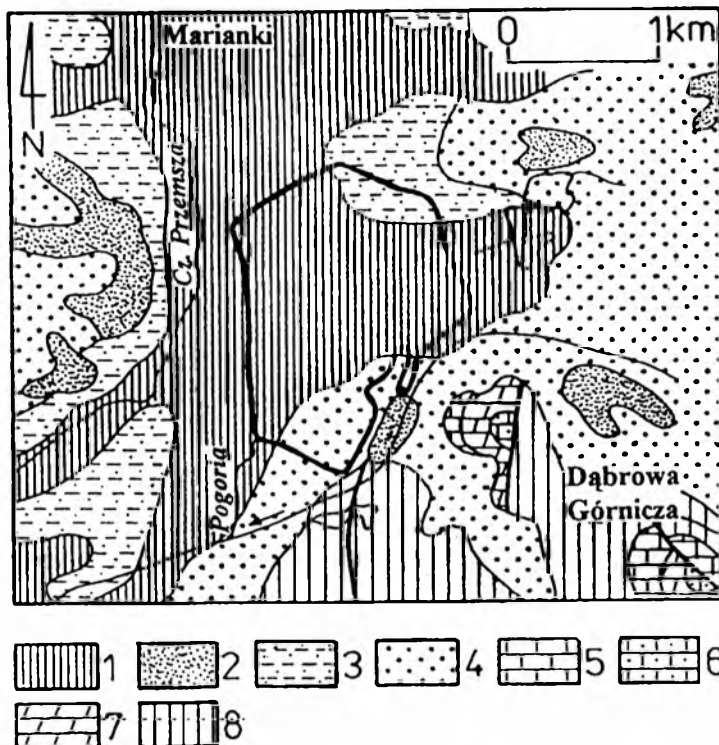
### 3.2.3. Związek litologii wybrzeża z intensywnością i charakterem zmian morfologicznych brzegu

Na rozwój procesów brzegowych w obrębie omawianych zbiorników wpływa też litologia ich najbliższego otoczenia (rys. 12-15), co znajduje przełożenie na ukształtowanie strefy brzegowej, a co za tym idzie, na niezwykle istotną w tym przypadku wysokość względną, od której bardzo często trzeba uzależniać rozmiary modelowania rzeźby brzegu.



**Rys. 12.** Położenie zbiornika Dzierżno Duże na tle utworów powierzchniowych (wg: *Szczegółowa mapa geologiczna Polski*, 1955)

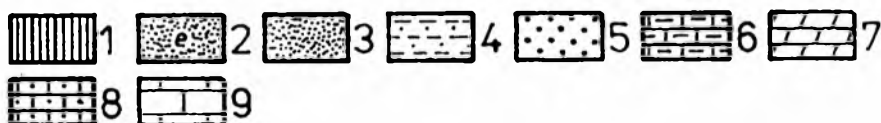
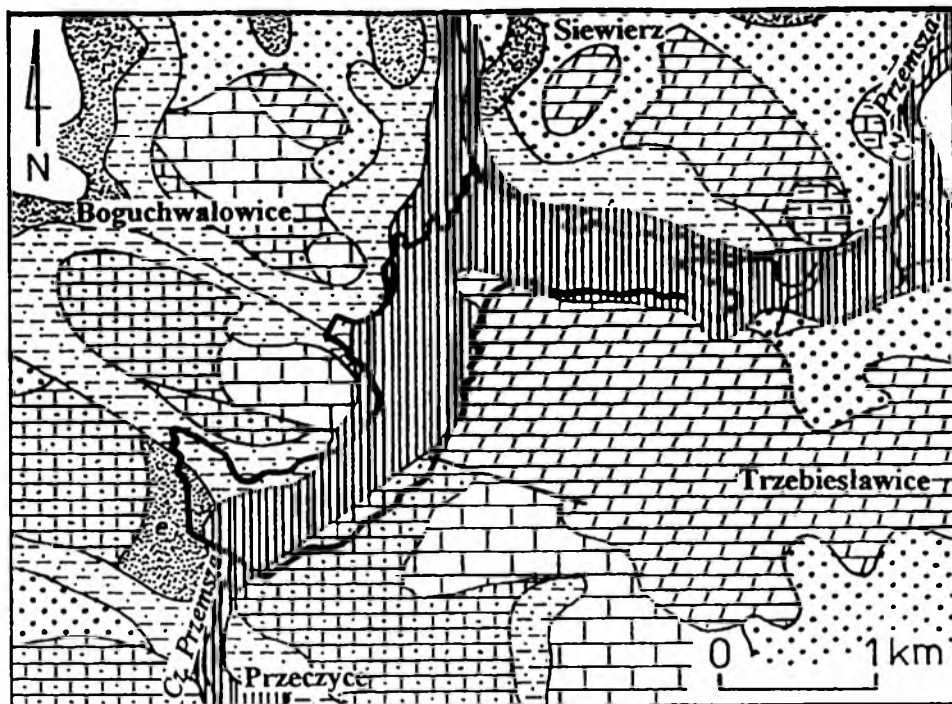
1 – torfy (holocen), 2 – osady rzeczne (fluwialne) w ogólności (holocen), 3 – piaski teras akumulacyjnych średnich (plejstocen), 4 – gliny pylaste (plejstocen), 5 – piaski eoliczne w wydmach, 6 – piaski i żwiry lodowcowe na glinie zwałowej (plejstocen)



**Rys. 13.** Położenie zbiornika Pogoria III na tle utworów powierzchniowych (wg: *Mapa geologiczna Polski*, 1979)

1 – mułki, piaski i żwiry rzeczne (holocen), 2 – piaski eoliczne w wydmach, 3 – mady, mułki, piaski i żwiry rzeczne (plejstocen), 4 – piaski i żwiry lodowcowe (plejstocen), 5 – piaski oraz iły czerwone i psre (trias dolny), 6 – wapień, dolomity (trias środkowy), 7 – margle, wapień dolomityczny, dolomity, piaskowce, mułowce, gipsy (trias dolny), 8 – łupki, piaskowce i węgiel (karbon)

Jeśli chodzi o zbiorniki zajmujące dawne pola eksploatacyjne piasku, większość ich wybrzeży charakteryzuje się jednorodnością litologiczną (piaski), aczkolwiek w wielu przypadkach (np. Dzierżno Duże – rys. 12; Pogoria III – rys. 13) stwierdzono występowanie wkładek materiału ilastego lub żwirowego, co znacznie wpływało na stabilność wybrzeży. Rozwijające się w ich obrębie procesy brzegowe wyróżniają się zmienną dynamiką wynikającą z układu krawędzi poeksploatacyjnych, których stan zachowania jest wypadkową odporności materiału skalnego (Jaguś i in., 1995). Odcinki wybrzeży zbudowanych z piasków (ewentualnie ze żwirem) zazwyczaj są podatne na procesy abrazyj, dążąc do uzyskania charakteru wybrzeży płaskich. W strefie zalegania piasków drobnoziarnistych z wkładkami iłu oraz pia-

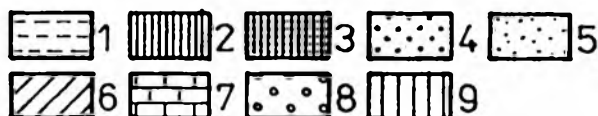
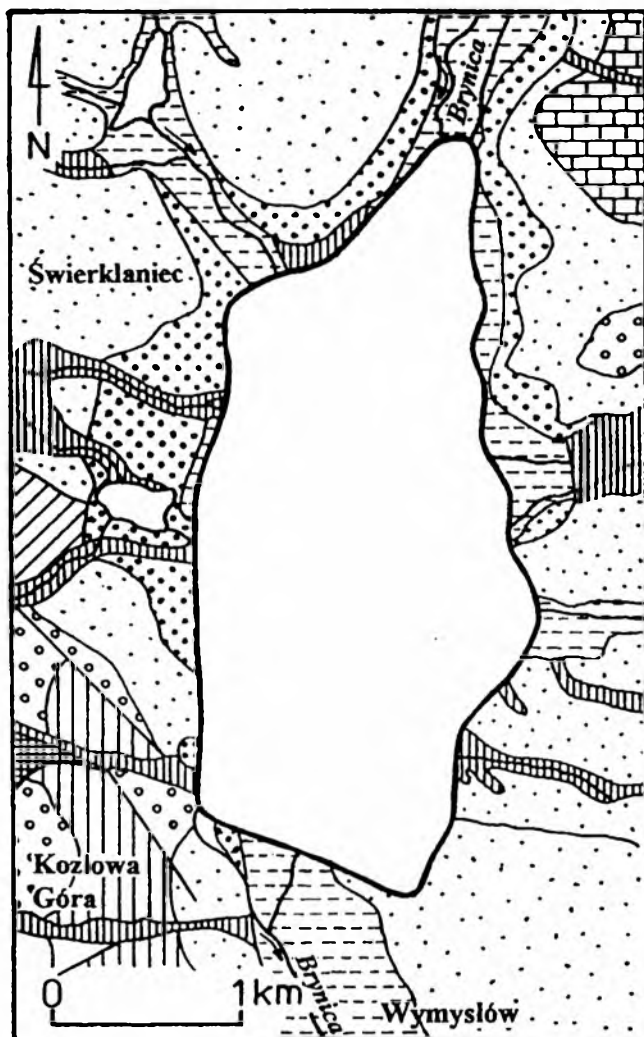


**Rys. 14.** Położenie zbiornika Przeczyce na tle utworów powierzchniowych (wg: *Mapa geologiczna Polski, 1979*)

1 - mułki, piaski i żwiry rzeczne (holocen), 2 - piaski eoliczne, 3 - piaski eoliczne w wydmach, 4 - mady, mułki, piaski i żwiry rzeczne (plejstocen), 5 - piaski i żwiry lodowcowe (plejstocen), 6 - glinki, żwiry i zlepienie (jura dolna), 7 - dolomity diploporowe (trias środkowy), 8 - wapienie płytowe (trias środkowy), 9 - dolomity kruszczońskie (trias środkowy)

sków mulistych dochodzi do wykształcenia wybrzeży z klifem czynnym, okresowo – w warunkach zmiennego piętrzenia zwierciadła wody w zbiornikach – przechodzącym w klif martwy. Generalnie, zróżnicowana litologia poszczególnych fragmentów wybrzeży warunkuje różną intensywność abrazji i procesów stokowych zachodzących na brzegowych zboczach, co decyduje o ich dynamice.

Położenie zbiornika Przeczyce na tle utworów powierzchniowych (rys. 14) wskazuje, że litologiczne uwarunkowania rozwoju procesów brzegowych mogą być wysoce zróżnicowane. Można sądzić o potencjalnie dużej stabilności brzegów w związku z nie-



**Rys. 15.** Położenie zbiornika Kozłowa Góra na tle utworów powierzchniowych (wg: *Szczegółowa mapa geologiczna Polski*, 1955)

1 – torfy (holocen), 2 – osady rzeczne (fluwialne) w ogólności (holocen), 3 – osady deluwialne w ogólności (holocen), 4 – piaski i żwiry teras akumulacyjnych średnich (plejstocen), 5 – piaski i żwiry lodowcowe (plejstocen), 6 – piaski i żwiry lodowcowe na glinie zwałowej (plejstocen), 7 – wapienie i dolomity (trias dolny), 8 – piaski oraz iły czerwone i pstre (trias dolny), 9 – łupki, piaskowce i węgiel (karbon)

wielkimi deniwelacjami zboczy doliny Czarnej Przemszy oraz nieco mniejszą liczbą odcinków sprzyjających wzmożonej abrazji. Zróżnicowanie litologiczne w istotny sposób modyfikuje występowanie „nowych” gatunków roślin hydrofilnych oraz wodnych, które wkroczyły po wypełnieniu wodą doliny przegrodzonej zaporą. Nie bez znaczenia pozostaje również wpływ rodzaju podłoża i materiału brzegowego zbiornika na możliwości kolmatacji (uszczelnienia) misy i związany z tym rozwój zjawisk filtracyjnych (Kocyan, 1969; Rzętała, 2000a).

Z kolei w miejscach występowania mułu bagiennego, torfu z dużą ilością korzeni i pni drzewnych (np. wypełniających dno doliny, dawne koryta i starorzecza Kłodnicy lub występujących w strefie cofkowej zbiornika Kozłowa Góra) wybrzeża charakteryzują się nagromadzeniem substancji organicznych, których sedymentacja ma wprawdzie charakter limniczny, ale bardzo często jest związana z sedymentologicznym przeobrażeniem utworów pierwotnych oraz depozycją materii pochodzącej z obumarłych części roślin porastających te utwory stanowiące niezwykle żyzne siedliska (rys. 15).

### **3.2.4. Pokrywa lodowa jako czynnik morfogenetyczny form brzegowych**

Pokrywa lodowa w istotny sposób wpływa na morfologię strefy litoralnej. Charakter tego wpływu zależy między innymi od stopnia wykształcenia pokrywy lodowej, aktualnej sytuacji anemologicznej oraz od czasu jej zalegania. Przez stopień wykształcenia pokrywy lodowej należy rozumieć zróżnicowanie grubości lodu i wielkość pakietów, w jakich ona występuje. Inne jest oddziaływanie na rzeźbę niewielkiej miąższości lodu (np. 1 cm) łamiącego się na niewielkie płytki w miejscu kontaktu z materiałem wybrzeża, a inne w przypadku dotarcia do brzegu tafli lodowej o dużej powierzchni i miąższości. Siła mechanicznego oddziaływania na materiał budujący brzeg w drugim przypadku jest zdecydowanie większa. Obserwacje terenowe wykazały, że największe zmiany w morfologii powodowane przez oddziaływanie lodu powstają w okresie roztopów wiosennych, gdy materiał budujący wybrzeże ulega już odmarznięciu, a na powierzchni jeziora znajdują się w tym czasie pływające tafle (lub tafla lodu), tylko



nieznacznie mniejsze powierzchniowo od powierzchni zbiornika. Nawet niewielki podmuch wiatru jest w stanie wprowadzić w ruch taką taflę lodową, której natarcie na wybrzeże powoduje jego destabilizację (niszczenie) – tym większą, im większa jest więźność materiału budującego (może ona wynikać z naturalnej więźności litologicznej lub z okresowej, związanej z występowaniem przymrozków). Generalizując, w sprzyjających warunkach anemologicznych pokrywa lodowa jest czynnikiem w różnym stopniu wpływającym na morfogenezę wybrzeża, tworząc okresowo istniejące lub trwałe formy w rzeźbie brzegów (Jaguś i in., 1995). W obrębie wybrzeży płaskich obserwowano formy (wały brzeżne, przemieszczone pokrywy piaszczyste, bezładne przemieszczenia materiału brzeżnego) powstałe w wyniku abrazji lodowej. Proces ów związany jest z aktywnością (naporem) pokryw lodowych (o różnej grubości i powierzchni), która wynika z ich przemieszczania w kierunku zgodnym z aktualną sytuacją anemologiczną. W zasięgu wybrzeży wysokich oddziaływanie pokrywy lodowej było ograniczone do destabilizacji brzegu, bez wyraźnego zapisu tego procesu w rzeźbie.

Rozpatrując rolę pokrywy lodowej w ewolucji morfologicznej mis jeziornych, należy wspomnieć o jej znaczeniu w transporcie budulca osadów dennych, rozumianego jako materiał dostarczany z zewnątrz. Źródłem dostarczanego z zewnątrz materiału jest atmosfera (opad pyłów) oraz otoczenie zbiornika, skąd jest on transportowany w wyniku procesów eolicznych lub przemieszczeń o charakterze antropogenicznym. Niezależnie od źródła materiał ten jest deponowany na powierzchni lodu i często z kilkumiesięcznym opóźnieniem dostarczany do toni wodnej, gdzie podlega dalszej migracji w postaci zawieszin lub jako unosiny opada na dno, stanowiąc budulec osadów dennych.

### **3.2.5. Roślinność**

Na intensywność i zasięg procesów brzegowych sztucznych zbiorników wodnych na Wyżynie Śląskiej i jej obrzeżach wpływa również roślinność pływająca oraz porastająca nadwodne i zatopione fragmenty brzegu. Bezsprzeczny jest fakt, iż obecność roślinności czyni wybrzeże morfologicznie stabilnym, ponieważ jej obecność wpływa hamująco nie tyle na rozwój procesów brzego-

wych, ile na ich zasięg. Niewątpliwie w warunkach silnego oddziaływania fal obecność roślinności przyczynia się do urozmaicenia rzeźby wybrzeża, prowadząc do powstania specyficznych form brzegowych, np. krawędzi, mikrozatok, podciosów, zerw.

Szczególną rolę w kształtowaniu rzeźby wybrzeża przypisuje się systemom korzeniowym roślin. Jeżeli są to drzewa porastające wybrzeża w strefie linii brzegowej, to mamy do czynienia z powolnym kształtowaniem różnej wysokości brzegów wysokich. Fale przyboju (często kipieli) odsłaniają systemy korzeniowe drzew, wypłukując materiał budujący wybrzeże aż do chwili zachwiania równowagi drzewa, co w konsekwencji prowadzi do jego przewrócenia w stronę zbiornika i utworzenia specyficznej ostrogi. W takim przypadku często następuje zmiana środowiska z abrazyjnego na akumulacyjne. Na odcinku wybrzeża z przewróconym drzewem powstają sprzyjające warunki akumulacji dokumentowane powstawaniem niewielkich cypli piaszczystych umacnianych przez wkraczającą roślinność zielną i krzewiastą, której rozwój jest między innymi możliwy dzięki nagromadzonej w tym miejscu tzw. sieczki roślinnej wychwytywanej przez przeszkodę z tafli jeziora. Wieloletnie obserwacje, jakie prowadził zespół zajmujący się problematyką procesów brzegowych, realizowaną w Katedrze Geografii Fizycznej Uniwersytetu Śląskiego, sugerują, że nowo powstałe formy mają charakter efemeryczny i ulegają likwidacji po usunięciu przeszkody.

Jeśli w strefie litoralnej występują szuwary i oczerety, to rozwój procesów brzegowych ulega znacznemu spowolnieniu między innymi za sprawą doskonałych możliwości adaptacyjnych tych roślin do zmieniających się warunków oddziaływania wód jeziornych. Kłacza, rozłogi i korzenie tych roślin wykazują dużą odporność nie tylko na zmiany właściwości fizykochemicznych wód jeziornych, lecz także na mechaniczne oddziaływanie falowania, np. kłacza oczeretu jeziornego nie ulegają wymyciu, a łodyga jest giętka i odporna na próby mechanicznych uszkodzeń najczęściej powodowanych czynnikami zewnętrznymi. Obserwacje przeprowadzone przez J. Patorską (1990) dowodzą, że porastająca brzegi roślinność z jednej strony ogranicza proces abrazyj, z drugiej zaś może się przyczynić do kształtowania form akumulacyjnych przez osłabianie energii fal niosących materiał rumowiskowy, a w konsekwencji wymuszając jego depozycję.

Odrębnym zagadnieniem jest rola płatów roślin wodnych (np. skupienia manny mielec) oraz utrzymującej się na powierzchni

wody sieczki roślinnej. Materiał ów stanowi najczęściej podstawowy budulec brzegowych wałów organicznych, a w odniesieniu do pierwszego z wymienionych przypadków – naturalny czynnik zmniejszający energię różnego rodzaju fal.

### **3.3. Ważniejsze uwarunkowania występowania osadów dennych**

Podstawowym źródłem dostawy substancji mineralnych i organicznych do przepływowych zbiorników wodnych zlokalizowanych na Wyżynie Śląskiej i jej obrzeżach jest materiał rumowiskowy alimentujących je rzek. Podłoża takiej sytuacji należy upatrywać między innymi w antropogenicznie stymulowanych ilościowo-jakościowych zmianach w obiegu wody. Przykładowo, wielkości dopływu powierzchniowego do zbiorników są zazwyczaj pochodną uciążliwych form antropopresji na terenach ich zlewni (np. przerzutów wody, zrzutów ścieków, drenażu górniczego). Z kolei substancje dostarczane z troposfery zarówno w postaci suchej depozycji, jak też wraz z opadami atmosferycznymi stanowią na tyle niewielki odsetek materii wchodzącej w skład pokryw osadów dennych, że w zasadzie w większości przypadków można mówić o granicy błędu dopuszczalnego w badaniach geograficznych. Wyjątkiem są zbiorniki pozbawione dopływów oraz znaczącej dostawy materiału w wyniku ablacji deszczowej, oraz te, których ciekі zasilające mają niewielki przepływ, np. Pogoria III. Tym samym ograniczone możliwości zasilania rumowiskiem powodują, że znaczący udział w kształtowaniu pokryw osadów dennych ma dostawa substancji z troposfery zarówno w postaci suchej depozycji, jak i wraz z opadami atmosferycznymi. Wielkości tej dostawy – ocenionej na podstawie danych Ośrodka Badań i Kontroli Środowiska w Katowicach – ulegają zmianom na przestrzeni lat oraz wykazują duże zróżnicowanie przestrzenne. O ile w latach 70. XX wieku opad pyłu w rejonie zbiornika Dzierżno Duże kształtował się w ciągu roku na poziomie dziesiątek t/km<sup>2</sup>, a w sąsiedztwie pozostałych był rzędu setek t/km<sup>2</sup> rocznie, o tyle pod koniec lat 90. wszystkie zbiorniki charakteryzowała dostawa pyłu rzędu dziesiątek t/km<sup>2</sup> w ciągu roku. Zbiorniki centralnej

części Wyżyny Katowickiej przyjmowały rocznie opad pyłu w ilościach od tysięcy  $t/km^2$  w latach 70. ubiegłego wieku do setek  $t/km^2$  obecnie.

Źródłem materiału budującego osady denne jest lokalna dostawa substancji z brzegów (Banach, 1985), ale w warunkach zbiorników górnośląskich ilości te są mniej istotne w świetle antropogenicznie kształtowanej alimentacji rumowiskiem. Można się przy tym spodziewać zróżnicowania wielkości dostawy w zależności od genezy zbiornika; w przypadku zbiorników poeksploatacyjnych (zwłaszcza o dużym nachyleniu ścian dawnej odkrywki) odsetek materiału pochodzącego z przekształceń misy będzie znacznie większy niż w przypadku zbiorników zaporowych, w nieckach z osiadania itp. Znikome ilości różnoziarnistego materiału mineralnego deponowanego na dnie zbiorników wodnych pochodzą także z topniejącej wiosną pokrywy lodowej, która w okresie zimy jest miejscem depozycji osadu nieorganicznego, o czym wspomina M. Banach (1993a).

Cieki odwadniające silnie zurbanizowane i uprzemysłowione tereny są zdecydowanie zasobniejsze w rumowisko w porównaniu z obszarami pozbawionymi tak silnej antropopresji przemysłowej (w mniejszym stopniu rolniczej). Dotyczy to każdego typu tegoż rumowiska, dlatego też można się spodziewać dość dużego tempa jego depozycji, a co się z tym wiąże – stosunkowo szybkiego zamulania mis zbiornikowych (bardzo często określanego mianem załadowienia). Ze względu na antropopresję na Wyżynie Śląskiej i jej obrzeżach tempo, o którym mowa, w przypadku wielu zbiorników jest porównywalne z postępem zamulania zbiorników zlokalizowanych w obszarach o wyraźnej rzeźbie erozyjnej. Ze stwierdzeniem tym korespondują rezultaty badań przeprowadzonych nad zamulaniem zbiorników wodnych przez A. Łajczaka (1986, 1995) oraz wyniki licznych porównań z wcześniejszymi wynikami badań (np. Chomiak i in., 1969; Cyberski, 1969).

W warunkach górnośląskich dostawa rumowiska wleczonego i toczonego do zbiorników jest zróżnicowana w zależności od obiektu. Z jednej strony wpływa na to stopień antropogenizacji reżimu odpływu zasilających je rzek, z drugiej natomiast charakter zabudowy hydrotechnicznej koryt rzecznych w zlewniach rzek alimentujących zbiorniki. Sondażowe pomiary rumowiska wleczonego i toczonego przeprowadzone na głównych dopływach potwierdzają owo zróżnicowanie. Oczywiście są to dane o charakterze szacunkowym oparte na pomiarach i obserwacjach przeprowadzonych kilkakrotnie, a przywoływane wartości stanowią koń-

cowy wynik uśrednień, które są pochodną czasu ekspozycji lub obserwacji urządzenia, masy zakumulowanego materiału oraz liczby pomiarów. W przypadku zbiornika Pogoria III wielkości tej dostawy w stosunku do pozostałych zbiorników wodnych – zwłaszcza Dzierżna Dużego – są znikome i wynoszą średnio nieco ponad 12 mg/s. Wynika to z faktu usytuowania misy zbiornika Pogoria III w profilu podłużnym rzeki tuż poniżej zbiornika Pogoria II, z którego odpływ odbywa się przelewem powierzchniowym. Są to więc wody odstane i pozbawione rumowiska wleczonego i toczzonego, w które są one wzbogacane na kilkusetmetrowym odcinku cieką Pogoria łączącym zbiorniki. Zbiorniki Przeczyce oraz Kozłowa Góra charakteryzowały się transportem rumowiska o wielkości ładunku większym o rząd wielkości, bo wynoszącym odpowiednio 150 mg/s i 138 mg/s, natomiast analogiczne dane dla zbiornika Dzierżno Duże wynoszą aż 0,37 kg/s. Należy podkreślić, że w ostatnim ze zbiorników wielkość ładunku uwzględnia masę wleczonych po dnie skoncentrowanych brył mułu i osadu ściekowego, scalającego również materiał grubszych frakcji.

Równie duże zróżnicowanie dotyczy cieków zasilających omawiane zbiorniki wodne w odniesieniu do transportu zawieszin i unosin, które w badaniach geomorfologicznych traktowane są jako zawiesziny i określane tym mianem. Ich ładunki świadczą o różnym stopniu obciążenia antropopresją i odzwierciedlają wielkość zlewni, decydującej także o objętości przepływów. Uznając średnie roczne stężenia zawiesziny z wielolecia za parametry nie wystarczające w charakterystyce dostarczanej do zbiornika masy (stężenie jest funkcją przepływu), podjęto badania w celu obliczenia ładunków wprowadzanych do zbiorników. Wyniosły one odpowiednio: 1,6 g/s (Pogoria), 9,2 g/s (Czarna Przemsza), 7,7 g/s (Brynica), oraz 448,0 g/s (Kłodnica). Z kolei dla wód odprowadzanych ze zbiorników wyniosły one odpowiednio: 1,6 g/s (Pogoria), 9,6 g/s (Czarna Przemsza), 6,6 g/s (Brynica), oraz 87,4 g/s (Kłodnica). Po przeliczeniu całkowitego ładunku zawieszin i unosin wprowadzonego do zbiorników z terenu zlewni uzyskano średnie roczne ładunki jednostkowe oscylujące wokół wartości: 2,1 t/rok/km<sup>2</sup> (Pogoria), 1,0 t/rok/km<sup>2</sup> (Przeczyce), 1,3 t/rok/km<sup>2</sup> (Kozłowa Góra), oraz 26,7 t/rok/km<sup>2</sup> (Kłodnica). O wpływie antropopresji na dostawę do zbiornika Dzierżno Duże zawieszin i drobnych frakcji materiału wleczonego przez wody Kłodnicy można wnioskować też na podstawie wcześniejszych badań (Mill, 1980), kiedy to maksymalne ładunki oceniono na 6500 g/m<sup>3</sup>, a przeciętne na 102–156 g/m<sup>3</sup>.

Należy zwrócić uwagę, że ładunki zawiesin są dobrym wskaźnikiem bilansu masy zbiorników wodnych, ale mają określoną przydatność w szacowaniu kubatury osadów dennych, co wiąże się z wieloma przemianami wewnątrz zbiornika. Wiadomo bowiem, że przepływowe zbiorniki wodne redukują masę zawiesin allochtonicznych w zróżnicowanym procencie (np. Banach, 1993a; Rzętała, 2001; Kostecki, 2000), ale zagadnieniem w dalszym ciągu trudnym do rozwiązania jest masa zawiesin powstających w zbiorniku wodnym (np. z obumierających glonów) i biorących udział w odpływie ze zbiornika. Jest to problem przemian biochemicznych dotyczący również substancji organicznych dostarczonych do zbiorników w postaci rozpuszczonej. Problem ów jest tym większy, im większy jest – określony przez A.T. Jankowskiego i M. Rzętałę (1998) – stopień eutrofizacji wód zbiorników górnośląskich. Z. Kajak (1979) przytacza opinię, iż czynnikiem decydującym o eutrofizacji w głównej mierze jest obecność w wodzie fosforu i azotu, ale podaje również przykłady zaangażowania innych pierwiastków, które z uwagi na antropopresję występują w warunkach górnośląskich zazwyczaj w ilościach odbiegających od poziomów uznawanych za naturalne. Autor ten (Kajak, 1995) wspomina też o możliwości wytworzenia w zbiornikach 1 t świeżej masy glonów przy obecności 1 kg fosforu, a „zakwity wody” (masowy rozwój fitoplanktonu) są możliwe w nizinnych zbiornikach zaporowych przy zawartości fosforu wynoszącej zaledwie 20–30  $\mu\text{g P/dm}^3$ . Jak z tego wynika, zbiorniki wodne są swoistym polem transformacji masy – w tym masy allochtonicznej – w powstającą przy jej udziale oraz światła i roztworów masę autochtoniczną. Dlatego też ocenę wielkości dostarczanych do zbiorników zawiesin oraz roztworów (tab. 8) należy traktować jako pośredni sposób wskazywania roli zlewni w procesie zamulania mis zbiornikowych.

W świetle dostawy różnych rodzajów rumowiska do zbiorników wodnych należy się spodziewać istnienia wyraźnego związku osadów dennych z litologią zlewni. Związek ten będzie tym wyraźniejszy, im mniejszy jest poziom antropogenizacji zlewni. Trudno bowiem spodziewać się wysokich wskaźników korelacji cech jakościowych osadów dennych z litologią zlewni Kłodnicy (część powyżej zbiornika), na terenie której działalność człowieka doprowadziła do przekształceń prawie wszystkich komponentów środowiska, a znaczący procent przepływu odwadniającej zlewnię rzeki stanowią różnego rodzaju ścieki. Za związki niewątpliwie można uznać np. dominujące w zlewni karbońskie utwory zawierające węgiel i wiązać je z wieloma cechami fizykochemicznymi osadów den-

Tabela 8

Średnie roczne wartości niektórych parametrów fizykochemicznych wody  
w obrębie wybranych zbiorników antropogenicznych  
określone na podstawie danych z lat hydrologicznych 1994–2000

Charakterystyka	Punkt poboru prób wody	Nazwa zbiornika wodnego			
		Dzierżno Duże	Świerkla-niec	Przeczyce	Pogoria III
Odczyn wody [pH]	dopływ	7,32	7,49	7,54	7,49
	odpływ	7,61	7,83	7,60	7,66
Przewodność elektrolityczna właściwa [ $\mu\text{S}/\text{cm}$ ]	dopływ	5329,3	467,3	536,3	613,7
	odpływ	4983,0	400,3	466,3	591,0
Wapń [ $\text{mg}/\text{dm}^3$ ]	dopływ	181,5	77,0	89,2	91,1
	odpływ	184,5	69,8	73,1	76,0
Magnez [ $\text{mg}/\text{dm}^3$ ]	dopływ	68,7	18,4	21,2	21,9
	odpływ	60,0	21,1	24,3	26,3
Sód [ $\text{mg}/\text{dm}^3$ ]	dopływ	715,2	8,3	14,7	17,9
	odpływ	674,2	8,6	12,5	21,6
Potas [ $\text{mg}/\text{dm}^3$ ]	dopływ	35,3	3,0	5,2	4,2
	odpływ	40,9	3,2	4,4	4,8
Wodorowęglany [ $\text{mg}/\text{dm}^3$ ]	dopływ	291,2	157,2	210,6	173,8
	odpływ	291,4	109,0	175,4	137,8
Siarczany [ $\text{mg}/\text{dm}^3$ ]	dopływ	378,5	58,9	73,3	98,7
	odpływ	403,7	46,9	65,5	110,3
Chlorki [ $\text{mg}/\text{dm}^3$ ]	dopływ	1473,5	27,7	33,5	43,6
	odpływ	1418,7	25,8	28,3	42,5
Azotany [ $\text{mg}/\text{dm}^3$ ]	dopływ	99,3	8,5	6,1	0,9
	odpływ	127,9	2,4	4,4	0,9
Fosforany [ $\text{mg}/\text{dm}^3$ ]	dopływ	2,50	0,10	0,23	0,04
	odpływ	4,11	0,05	0,08	0,05

nych zbiornika Dzierżno Duże. Związki te będą o wiele bardziej widoczne w zlewniach o mniejszej lub znikomej antropopresji. Można zatem sugerować większy wpływ piaszczystych utworów na terenie zlewni Pogoria na skład fizykochemiczny osadów dennych zbiornika Pogoria III. Jeśli chodzi o zlewnię zbiornika Kozłowa Góra, to można wskazywać na związki jego osadów dennych z triasowymi i jurajskimi utworami znajdującymi się w wielu miejscach pod przykryciem utworów czwartorzędowych, głównie glaukonalnych i fluwioglaucjonalnych. Analogicznie można też wykazywać relacje między podobną litologią zlewni zbiornika Przeczyce a jego osadami dennymi.

## **4. Formy brzegowe i osady denne**

### **4.1. Formy brzegowe jako indykator przemian morfologicznych w strefie litoralnej**

Wybrzeża zbiorników na Wyżynie Śląskiej i jej obrzeżach zostały ukształtowane sztucznie przez człowieka i nawiązują do przebiegu krawędzi poeksploatacyjnych lub zboczy zalanej doliny. Na powierzchniach po obu stronach linii brzegowej zachodzą intensywnie procesy brzegowe, które należy traktować jako procesy prowadzące do powstania licznych form brzegowych: mierzei, wałów brzegowych, zatok, klifów czynnych i martwych, cypli piaszczystych, delt i innych (Michalewicz i in., 1995; Rzętała, 1998). Są to niewątpliwie procesy naturalne, inicjowane działalnością człowieka. Ich intensywność oraz zasięg zależą od wielu omówionych wcześniej czynników, jednak podkreślenia wymaga fakt, iż w odróżnieniu od zazwyczaj powolnego naturalnego cyklu ewolucyjnego (np. jezior polodowcowych) w warunkach zbiorników wodnych Wyżyny Śląskiej i jej obrzeży mamy do czynienia z przebiegiem procesów brzegowych inicjowanych w sposób wybitnie antropogeniczny i o znamionach dużej impulsywności (np. gwałtowna zmiana wysokości bazy erozyjnej w momencie napełniania wodą dawnej odkrywki poeksploatacyjnej, którą trudno porównać nawet z tempem powstawania chociażby zagłębień wytopiskowych).

Rozpatrując problem morfologicznego rozwoju wybrzeży sztucznych zbiorników wodnych konieczne wydaje się przedsta-



Tabela 9

Procentowy udział poszczególnych rodzajów brzegu przy wysokich (WPP) oraz niskich (NPP) poziomach piętrzenia wody w wybranych zbiornikach antropogenicznych

Rodzaje brzegu		Pogoria III		Przeczyce		Świerkla-niec		Dzierżno Duże	
		WPP	NPP	WPP	NPP	WPP	NPP	WPP	NPP
Wysokie	z klifem czynnym	6	0	1	0	0	0	75	6
	z klifem martwym	0	6	0	1	0	0	0	69
	o dużym nachyleniu powierzchni pozbawionej roślinności	0	8	2	3	0	0	0	13
	o dużym nachyleniu powierzchni utrwalonej przez roślinność	8	0	2	1	0	0	0	0
	antropogeniczne o stałej i trwałej zabudowie	1	1	6	6	29	29	12	12
	powierzchnie piaszczyste (poeksplatacyjne oraz plaże)	20	73	43	54	3	19	0	0
Niskie	porośnięte roślinnością zielną	31	0	35	32	60	52	11	0
	umocnione roślinnością drzewiastą i krzewiastą	22	0	8	0	8	0	2	0
	antropogeniczne o stałej i trwałej zabudowie	12	12	3	3	0	0	0	0
	Razem	100	100	100	100	100	100	100	100

wienie klasyfikacji brzegów tych obiektów jako materiału dokumentacyjnego (tab. 9), który pośrednio pozwala na wstępną ocenę charakteru między innymi intensywności i zasięgu procesów brzegowych, będących wypadkową rozmaitych czynników przyrodniczych i antropogenicznych. Z przeglądu literatury wynika, iż przyjmuje się różne kryteria podziału wybrzeży (Drwał, Gołębiewski, 1968; Banach, 1994; Rzętała, 1994, 1998; Jaguś, 1997; Jaguś, Rzętała, 2000). Podstawę klasyfikacji stanowić mogą: uwarunkowanie genetyczne, morfometria wybrzeża, litologia brzegu, morfologiczna stabilność, stopień i rodzaj utrwalenia. Mimo że większość wybrzeży zbiorników sztucznych należy wiązać z antropogenicznym charakterem ich mis, to zazwyczaj najwięcej problemów typologicznych sprawia identyfikacja procesu warunkującego w głównej mierze morfologię danej części wybrzeża, ukształtowanego przez procesy brzegowe. Wynika to bezpośrednio z faktu niejednokrotnie bardzo częstych zmian brzegowych form abrazyjnych na akumulacyjne i odwrotnie. Różnice w ostatecznej klasyfikacji wybrzeży wielu obiektów pozostają

rezultatem subiektywizmu, różnych kryteriów podziału oraz dużej morfodynamiki strefy litoralnej. Z podobnych względów osoby zajmujące się badaniem procesów brzegowych zbiorników na Wyżynie Śląskiej i jej obrzeżach (np. Patorska, 1990; Szczyppek, Wach, 1992; Rzętała, 1994, 1998; Jaguś, 1997; Dulias, Rudnicka, 2000) rezygnują z przeprowadzenia genetycznej klasyfikacji brzegów, unikając tym samym klasyfikacyjnych podziałów opartych na kryterium tzw. brzegu neutralnego, wydzielanego w przypadku jezior (np. Drwal, Gołębiewski, 1968). Za taki uznaje się powierzchnie, na których żaden z procesów morfogenetycznych typu akumulacji lub abrazji nie osiąga znaczącej przewagi, a może mieć charakter tranzytowy. Stanowisko tychże autorów wyraża A. Jaguś (1997) stwierdzając, iż wydzielanie brzegów neutralnych nie prowadzi do opracowania przejrzystej klasyfikacji wybrzeży, o ich neutralności bowiem można mówić tylko w czasie kartowania. Przy stałym poziomie zwierciadła wody dochodzi tu najczęściej do gromadzenia oraz przyrostu masy organicznej, co powoduje wykształcenie brzegu biogenicznego niestabilnego. Z kolei mobilność rzędnej piętrzenia wody wpływa na transformację brzegu neutralnego w kierunku zmiany jego charakteru na akumulacyjny lub abrazyjny.

W niniejszej pracy brzegi badanych zbiorników wodnych charakteryzowano na podstawie kryterium ukształtowania wybrzeża i stopnia jego pokrycia przez roślinność jako czynnika najczęściej dominującego w grupie determinantów stabilności wybrzeża (tab. 9). Należy podkreślić, że przy każdorazowym występowaniu niskich poziomów piętrzenia w zbiornikach możliwy jest inny scenariusz rozwoju procesów, które zadecydują o nieco odmiennej klasyfikacji brzegów w aspekcie rodzaju i długości poszczególnych typów brzegu.

#### **4.1.1. Delt**

O ewolucji morfologicznej mis sztucznych zbiorników wodnych świadczą między innymi formy powstające w strefie kontaktu wód potamicznych z wodami limnicznymi. Szczególnie w strefie cofkowej przepływowych zbiorników zaporowych i poeksploatacyjnych powstają delty. Delt to stożki napływowe powstałe u ujścia rzeki do jeziora. Mimo iż nie są klasycznymi formami limnicznymi, należy je uwzględniać przy omawianiu form strefy litoralnej

zbiorników, ponieważ środowiskiem ich sedymentacji jest krawędź misy zbiornika (Rzętała, 1998). Rozmiary delt zależą od wielkości przepływu w cieku i ilości transportowanego przez dopływ materiału rumowiskowego. W większości przypadków są to niewielkie pod względem kubatury piaszczyste formy o powierzchni od kilku do kilkuset m<sup>2</sup> i średniej miąższości wynoszącej kilkanaście cm. W zbiornikach zasilanych bardzo zanieczyszczonymi wodami cieków odwadniających tereny uprzemysłowione i zurbanizowane powstają delty zbudowane ze zróżnicowanego frakcjonalnie materiału rumowiskowego, będącego niejednokrotnie mieszaniną osadu mineralnego (np. miału węglowego) i osadu pościekowego.

Wyjątkowo spektakularne rozmiary (ok. 60 ha powierzchni i miejscami nawet kilkanaście metrów miąższości) osiąga delta Kłodnicy wpływającej do funkcjonującego od 1964 roku zbiornika Dzierżno Duże o pojemności maksymalnej 94,5 hm<sup>3</sup> (Kozyreva, Rzętała, 1999). Jest ona zlokalizowana we wschodnim sektorze zbiornika (rys. 3; fot. 1), a w materiale budującym tę formę wyróżniono: różnofrakcyjny miał węglowy, muł rzeczny oraz frakcję piaszczystą. Ta ostatnia w sondażowo prowadzonych badaniach w drugiej połowie lat 70. XX wieku w rumowisku wnoszonym do zbiornika Dzierżno Duże charakteryzowała się nawet 96% udziałem ziaren łatwo opadalnych o średnicy powyżej 0,1 mm (Mill, 1980). W obrębie delty znajduje się bardzo dużo odpadów komunalnych i przemysłowych, dostarczanych przez mocno zanieczyszczoną Kłodnicę. Na deltę o miąższości osadów dochodzącej do kilkunastu m, powierzchni kilkudziesięciu ha (60 ha) i wysokości bezwzględnej 198 m n.p.m., w okresach niskiego piętrzenia wody w zbiorniku wkracza niezwykle bujna – w warunkach bardzo wysokiej nitrofilności podłoża – roślinność zielna, powodując tym samym po obumarciu przyrost delty w górę. Delta opada ku zbiornikowi stromą krawędzią, przechodząc w pokrywę drobnofrakcyjnych osadów dennych o miąższości od kilkunastu cm do 1,5 m. Kubaturę delty szacuje się na dochodzącą do 2 mln m<sup>3</sup> (Rzętała, 1998).

#### **4.1.2. Klify**

Bodajże najbardziej intensywne zmiany morfologiczne brzegów następują na tych powierzchniach, które podlegają procesowi abrazji (np. Banach, 1988a, 1994, 1995a; Ziętara, 1994, 1995;

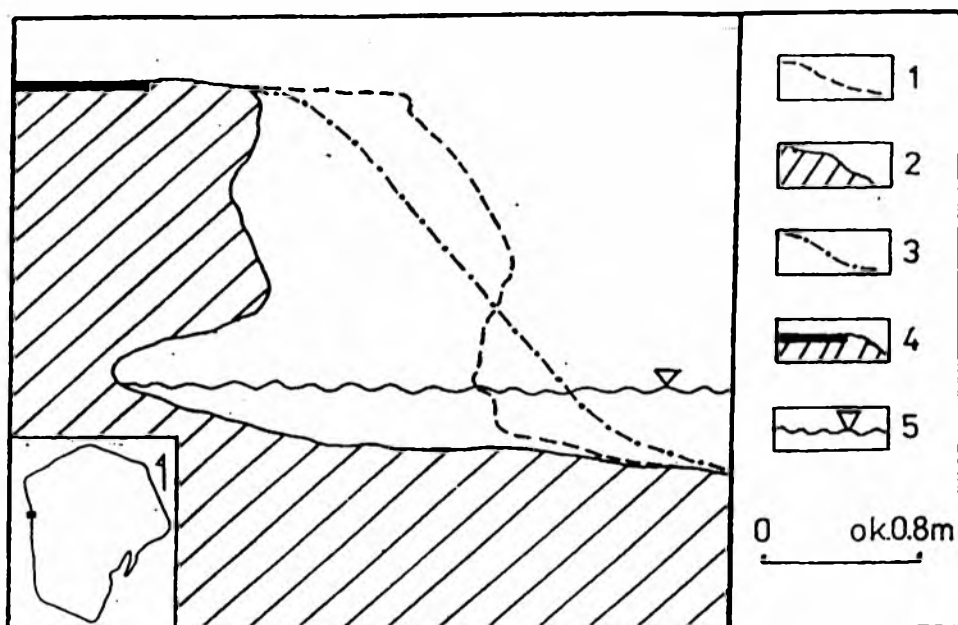
Rzętała, 1994; Owczinnikow, 1996). Proces ten polega na niszczeniu skał i rozmywaniu osadów w wyniku działalności fałdającej wody, a także na mechanicznym wpływie cząstek mineralnych obecnych w wodzie. Warto zauważyć, że procesy abrazji mogą dotyczyć brzegów o różnej wysokości (płaskich, wysokich), dlatego nie należy łączyć jej istnienia wyłącznie ze stromo nachylonymi powierzchniami. Nawet na wybrzeżach o niewielkim nachyleniu na skutek sukcesywnego cofania stoku może dojść do wykształcenia klifu, a jest to tym bardziej prawdopodobne, im większą zwięzłość wykazuje materiał brzegowy. Produkty degradacji brzegów są następnie rozkruszane, segregowane i transportowane przez fale poza strefę niszczenia (Jaguś, 1997). Za brzegi abrazyjne uznaje się odcinki, na których w dłuższym czasie ubywa osadów (Banach, 1994) i w konsekwencji nadwodna część brzegu ulega cofaniu o zróżnicowanej intensywności, a znajdująca się u podstawy klifu platforma abrazyjna zwiększa swoją powierzchnię. Abrazyjny rozmyw koluwiów może być utrudniony osiągnięciem przez platformę abrazyjną rozmiarów ograniczających horyzont działania fal (Banach, 1994), co oprócz obniżenia zwierciadła wody w akwenie należy uznać za główną przyczynę powstawania klifów martwych. Ponowne podniesienie poziomu wody w zbiorniku (szczególnie znamienne dla obiektów charakteryzujących się dużymi amplitudami wahań stanów wody) może doprowadzić do ponownego uaktywnienia klifu (klif czynny), który określa się mianem odmłodzonego.

O ile na zbiorniku Świerklaniec nie stwierdzono wybrzeży klifowych, o tyle dla zbiornika Przeczyce charakterystyczny jest tylko niewielki fragment linii brzegowej, najczęściej o cechach klifu martwego, utworzonego na bazie progu poziomu terasowego południowego zbocza doliny Czarnej Przemszy, obecnie utożsamianego z częścią południowego brzegu wschodniej części akwenu.

W obrębie zbiornika Pogoria III zaś brzegi klifu czynnego stwierdzono w pierwszej połowie lat 90. XX wieku (Rzętała, 1994) na obrzeżach budowanych przez piaski z domieszką materiału ilastego, które występowały miejscami na wschodnim skraju zbiornika oraz najbardziej na północ wysuniętym cyplu jedynego półwyspu. O ile klifowe brzegi na wschodzie zbiornika mają charakter w przeważającej części martwy i mimo znacznej degradacji są jeszcze czytelne w postaci słabo zachowanych mikrozatok, o tyle rozwój klifowego wybrzeża półwyspu, polegający na selektywnej likwidacji skarpy, odbywał się na skutek abrazji, wietrzenia i czynników antropogenicznych. W pierwszej połowie

lat 90. XX wieku obserwowano powiększenie platformy abrazyjnej oraz inicjalne kosi i mierzeje, sugerując końcowe stadium rozwoju brzegu wysokiego i zmianę jego charakteru z wybrzeża abrazyjnego wysokiego na wybrzeże płaskie akumulacyjne. Ostatnie kartowanie tej formy – przeprowadzone w listopadzie 2000 roku – potwierdza słuszność owego wniosku, tzn. wystąpienie brzegu płaskiego akumulacyjnego z okresowo zalewanym cyplem piaszczystym.

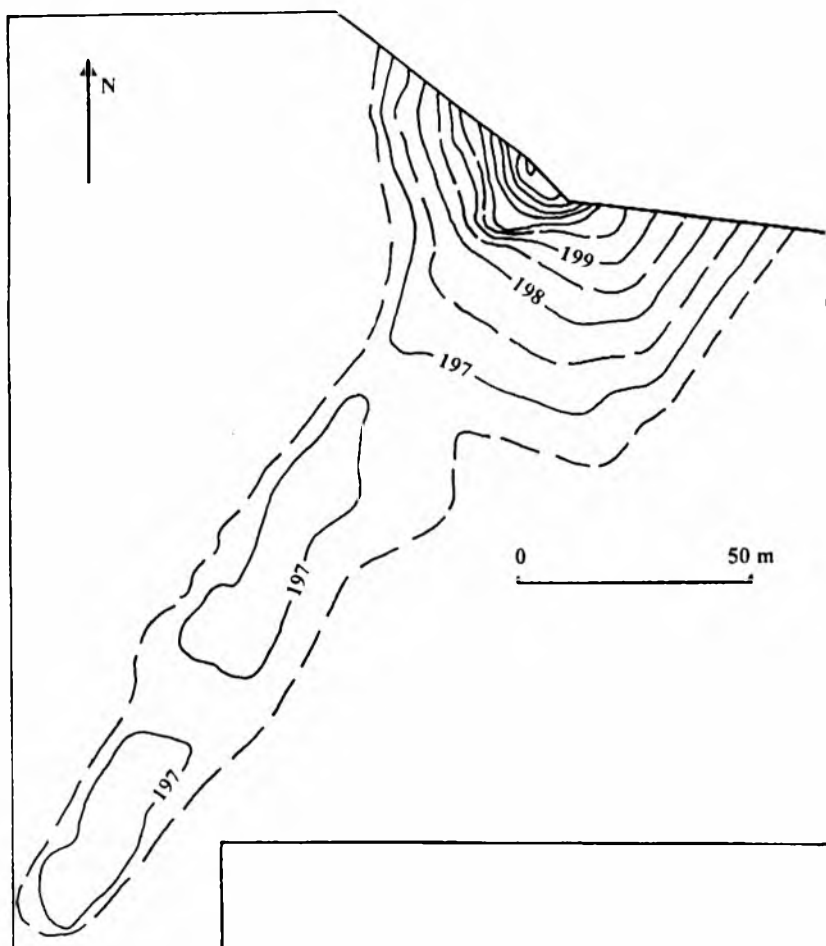
Klifowe wybrzeża miejscami były typowe również dla brzegu zachodniego, gdzie procesy abrazji zachodziły intensywnie (zwłaszcza w warunkach wiatrów wschodnich), tworząc w zwiększonych utworach podciosy brzegowe. M. Rzętała (1994) pisze, że miejsca o mniejszej spoistości zostały wypreparowane w postaci mikrozatoczek o brzegach wysokich na 1,5–2 m, tempo abrazji zaś na niektórych odcinkach cechowała duża dynamika, o czym świadczył fakt cofnięcia ściany w okresie 25 miesięcy o blisko 2 m, co spowodowało zagrożenie przebiegającej wzdłuż jeziora drogi i zdecydowało o sztucznym umocnieniu brzegu (rys. 16).



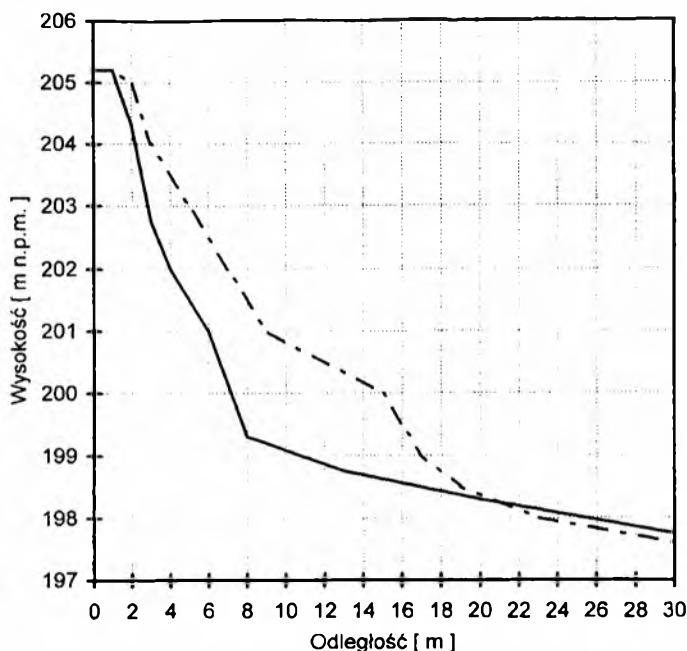
**Rys. 16.** Schemat fragmentu zachodniego wybrzeża zbiornika Pogoria III (wg: RZĘTAŁA, 1994)

1 – zasięg klifu w lutym 1992 r., 2 – stan w październiku 1993 r., 3 – brzeg po umocnieniu (luty 1994 r.), 4 – fragment drogi na skalnym podłożu, 5 – poziom zwierciadła wody w zbiorniku

Strome stoki wybrzeża (urwisko nadbrzeżne, klif, faleza) występują na blisko 75% długości brzegów zbiornika Dzierżno Duże. Przy rzędnej piętrzenia wody przekraczającej 200 m n.p.m. mają one charakter klifu czynnego, którego rozwój polega na selektywnej likwidacji skarpy, zachodzącej na skutek abrazyjnego oddziaływania falowania (rys. 17, 18). Cofaniu ścian skalnych o cechach epizodyczności i dużej intensywności, którego wielkość w okresie funkcjonowania zbiornika wyniosła od kilkudziesięciu cm do 4 m w zależności od sektora zbiornika, towarzyszy powstawanie niewielkich powierzchniowo platform abrazyjnych.



**Rys. 17.** Zdjęcie teodolitowe fragmentu północnego wybrzeża zbiornika Dzierżno Duże w rejonie ostańca poeksploatacyjnego (liczby oznaczają rzędne terenu w m n.p.m.)



**Rys. 18.** Teodolitowy profil klifowego brzegu fragmentu północnego wybrzeża zbiornika Dzierżno Duże w rejonie ostańca poeksploatacyjnego

- - - - - stan w czerwcu 1997 r., ——— - stan w październiku 2000 r.

Najwyższymi wysokościami względnymi cechują się klifowe wybrzeża w środkowej części północnego brzegu (6–7 m) oraz na południowo-wschodnim odcinku wybrzeża (do 5 m). Na pozostałych odcinkach linii brzegowej wysokość klifu osiąga średnio 1–2 m wysokości. Klif czynny z niewielkimi podciosami rozwinął się również miejscami w obrębie sztucznie usypanych obwałowań. Przy obniżeniu zwierciadła wody w zbiorniku poniżej rzędnej 200 m n.p.m. następuje zmiana charakteru klifu z czynnego (żywego) na martwy (rys. 17, 18). Wynurzone powierzchnie abrazyjne podlegają zrównywaniu, w którym udział bierze materiał pochodzący z niszczenia klifu. Materiał rumowiskowy jest deponowany na stoku misy jeziornej bądź jest przemieszczany wzdłuż wybrzeża i bierze udział w nadbudowie form akumulacyjnych.

Z kolei rzeźba klifu martwego, będąca poza zasięgiem procesów brzegowych, jest modelowana przez wietrzenie, ruchy masowe oraz procesy eoliczne. W obrębie plaży o niewielkim nachyleniu, znajdującej się u podstawy klifu martwego, tworzą się nowe klify o wysokościach względnych dochodzących maksymalnie do

1 m wysokości. Ciągłość tego procesu prowadzi do wykształcenia kilku poziomów teras zbiornikowych. Kolejne podpiętrzenie wody w zbiorniku do rzędnej przekraczającej 200 m n.p.m. powoduje ponowne podcinanie klifów martwych (klif odmłodzony) oraz degradację wypreparowanych u jego podstawy form.

### 4.1.3. Terasy

Terasy na wybrzeżach omawianych zbiorników wodnych są schodowymi formami o abrazyjno-akumulacyjnej genezie, najczęściej tworzącymi się na nachylonych powierzchniach piaszczystych w konsekwencji oddziaływania wody w warunkach zmiennego jej stanu (poziomu piętrzenia). Terasy, a zwłaszcza powierzchnie z systemami kilku poziomów terasowych, powstają podczas systematycznego, aczkolwiek skokowego, obniżania poziomu wody w zbiorniku. Woda oddziałująca na materiał brzegowy tworzy półkę nieznacznie nachyloną w kierunku toni wodnej, na której następuje depozycja materiału pochodzącego z abrazji progu terasy. Poszczególne poziomy terasowe ograniczają progi, których wysokość jest wyznaczana przez wielkość ostatniego obniżenia stanu wody (poziomu piętrzenia). Terasy występujące na większości wybrzeży omawianych zbiorników wodnych są formami nietrwałymi z uwagi na następujący podczas podpiętrzania wody w zbiorniku proces abrazji, prowadzący do ich degradacji. Wobec szerokiego zakresu wahań stanów wody (zwłaszcza w zbiorniku Dzierżno Duże, w mniejszym stopniu Przeczyce oraz Świerklaniec) najwyższe poziomy terasowe, będące zapisem maksymalnego zasięgu horyzontu falowania oraz najwyższego poziomu wody, mogą przetrwać stosunkowo długo, ponieważ maksymalne poziomy piętrzenia są raczej rzadko osiąganе. W takich warunkach do degradacji teras przyczyniają się np. wody opadowe, spływ powierzchniowy, czy działalność człowieka.

Poziomy terasowe na wybrzeżach zbiornika Pogoria III występowały stosunkowo często do 1992 roku, ponieważ do tego okresu – jak wynika z danych ówczesnej Okręgowej Dyrekcji Gospodarki Wodnej w Gliwicach – wahania stanów wód jeziornych można określić jako intensywne, aczkolwiek sporadycznie osiągały zakres w ciągu roku nieco powyżej 1 m. Od 1993 roku wahania stanów wody w tym zbiorniku są minimalne, a rzędna powierzchni



wody jest na tyle wysoka, że zapewnia stały odpływ wody ciekim Pogoria (w przeszłości odpływ był niejednokrotnie „nieczynny”). Z tego względu obecnie dochodzi jedynie do okresowego, krótkotrwałego wykształcenia jednego poziomu terasowego, nie mającego istotnego znaczenia w zmianie rzeźby wybrzeża, aczkolwiek będącego niewątpliwie ogniwem transportu materiału brzegowego w głąb zbiornika.

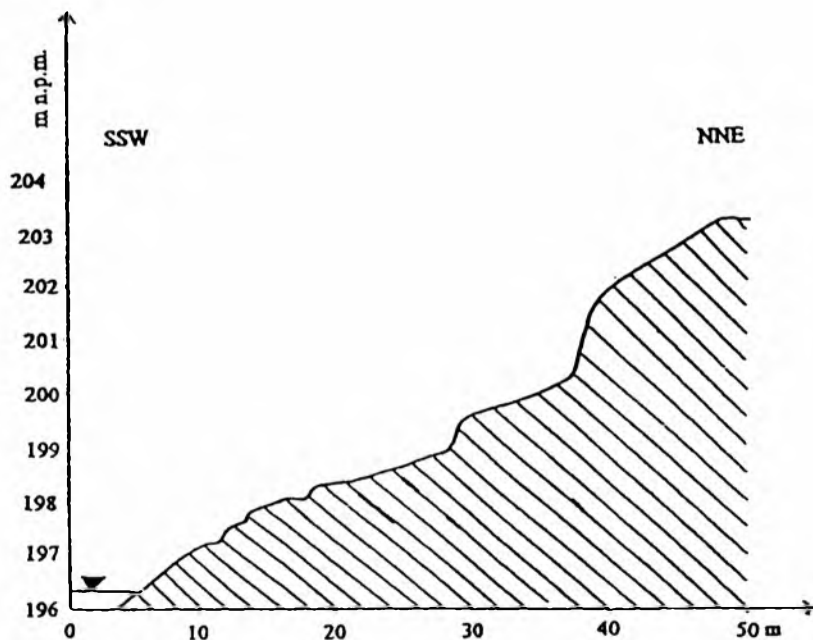
Zbiornik Przeczyce o zakresie falowania zdecydowanie większym (zwłaszcza do 1994 roku, gdy pełnił funkcje związane z zaopatrzeniem ludności i przemysłu w wodę) charakteryzował się również epizodycznością w kształtowaniu teras jeziornych. Owa epizodyczność wynika przede wszystkim z ubóstwa ilościowego wybrzeży typowo piaszczystych i stosunkowo dużego udziału brzegów utrwalonych przez roślinność porastającą podłoże związane z pierwotnym dnem doliny. Terasy, a nawet systemy teras o charakterze efemeryd wypreparowane w materiale piaszczystym można spotkać w okresie niskich stanów wody na brzegu okalającym miejscowość Boguchwałowice. Można oczywiście spotkać fragmenty pojedynczych poziomów terasowych utworzonych w zadarnionych powierzchniach (np. południowy brzeg wschodniego sektora zbiornika), które odpowiadają stosunkowo wysokim poziomom piętrzenia, ale ich niewyraźny zapis w rzeźbie pozwala jedynie wskazać czynniki, które doprowadziły do ich małej czytelności (rozwój roślinności, działalność człowieka).

Zbiornik Świerklaniec, a w zasadzie jego brzegi, należy uznać za wybitnie niesprzyjający procesom abrazyjnym prowadzącym do wykształcenia poziomów teras jeziornych. Jeśli dochodzi już do ich powstania, to wyłącznie na południowym odcinku brzegu wschodniego, gdzie mamy do czynienia z poziomami terasowymi o wysokości krawędzi nie przekraczającej kilku centymetrów.

Podczas geodezyjnych pomiarów wysokości identyfikujących charakter profilów wybrzeży zbiornika Dzierżno Duże wielokrotnie wyróżniono kilka teras o charakterze zalewowym (rys. 19), które odpowiadały rzędnym zwierciadła wody w zbiorniku utrzymującym się przez kilkadziesiąt dni w roku. Wysokość teras zbiornikowych (osiągająca wysokość nawet około 1 m) zależała od czasu piętrzenia wody na tym samym poziomie oraz od intensywności falowania i spoistości materiału wybrzeża.

Najwyższy poziom terasowy, będący podstawą klifu czynnego w czasie wysokich stanów wody (odpowiednio klifu martwego przy stanach niskich), znajdował się na poziomie 200,2 m n.p.m. (rys. 19) i został utworzony na przełomie marca i kwietnia 1994 roku

(rys. 11). Powierzchnia tej terasy jest lekko nachylona ku zbiornikowi i posiada szerokość od kilku do kilkudziesięciu metrów. Drugi poziom terasowy wykształcił się na poziomie 198,7 m n.p.m. (rys. 19) w okresie zimy 1994 roku i wiosny 1995 roku, kiedy woda w zbiorniku była piętrzona do podobnej rzędnej (rys. 11). Poniżej tego poziomu znajdują się trzy poziome teras o mniejszym stopniu wykształcenia (rys. 19), odpowiadające wysokościami krótkotrwałych piętrzeń wody przypadających na lato 1995 roku. Jesienią 1995 roku nastąpiło zalanie dwóch najniższych poziomów terasowych. Wspomniane poziome terasowe występowały na większości wybrzeży zbiornika (75% długości), charakteryzując się różnym stopniem wykształcenia zależnym między innymi od ekspozycji, nachylenia i spoistości materiału budującego wybrzeża. Podpiętrzenie wody w zbiorniku w okresie wiosennym 1996 roku doprowadziło do zalania (degradacji) wszystkich poziomów terasowych i uaktywnienia procesów morfologicznych w obrębie wyżej położonych partii wybrzeża. Dalsze obserwacje prowadzone w latach 1997–1999 wykazały zmianę układu linii profilu morfologicznego jedynie w górnej części. Nastąpiło to w lecie 1997 roku na



**Rys. 19.** Teodolitowy profil poprzeczny zachodniej części północnego wybrzeża wschodniej misy zbiornika Dzierżno Duże – stan w lipcu 1995 r.

skutek abrazyjnej działalności wody i wytworzenia podciosu brzegowego u podstawy klifu czynnego, którego powierzchnia była utrwalona przez roślinność, ale mimo to uległa obrywowi. Cofnięcie ściany miało miejsce na odcinku wielu fragmentów (długość obrywów – od kilkudziesięciu centymetrów do ponad 20 m) wysokiego brzegu, każdorazowo osiągając wielkość od 30 cm do blisko 1,4 m. Podkreślenia wymaga fakt, iż zmiany morfologiczne polegające na cofnięciu brzegu miały wówczas charakter krótkiego epizodu i nigdy później na taką skalę nie wystąpiły. Wiosną 1999 roku oraz 2000 roku, kiedy stany wody były również wysokie, nie stwierdzono tak istotnych przeobrażeń w morfologii brzegów, rejestrując jedynie niewielkie obrywy, których pojedyncze pakiety miały maksymalnie około 1,5 m długości i 20–30 cm szerokości, a stwierdzono je tylko lokalnie w środkowych częściach brzegu północnego i południowego na długościach nie przekraczających 10 m.

Dane te potwierdzają słuszność wniosku dowodzącego największych zmian w morfologii brzegu zachodzących intensywnie w krótkim czasie, którym nie dorównują efekty przeobrażeń rzeźby trwające w normalnych warunkach nawet przez wiele lat. Sytuację komplikują stosunkowo rzadko występujące wysokie stany wody, które mogą być efektywne morfologicznie dla wyższych partii wybrzeża.

#### **4.1.4. Plaże**

Plaża jako forma akumulacyjna, a nie powierzchnia piaszczysta będąca pozostałością pola eksploatacyjnego jest raczej rzadko spotykanym elementem wybrzeży zbiorników antropogenicznych. Innym zagadnieniem jest bardzo szybkie przekształcanie odsłoniętych powierzchni poeksploatacyjnych w plaże genetycznie związane z wodami limnicznymi – teoretycznie już od pierwszego zalewu wodami zbiornikowymi w wyniku podpiętrzenia. Możemy wówczas mówić o plaży jako formie limnicznej. Większość plaż od momentu uformowania lub odsłonięcia przy niskich stanach wody bardzo szybko jest utrwalana przez roślinność trawiastą, a nawet roślinność krzewiastą, w rozwoju której ważną rolę odgrywa tzw. sieczka roślinna zdeponowana niejednokrotnie w postaci organicznego wału brzegowego (fot. 2). Duże tempo utrwalania powierzch-

ni piaszczystych przez roślinność jest adekwatne do stopnia antropogenizacji wód zbiornikowych wyrażonego poziomem nitrofilności podłoża. Wolniejszym rozwojem roślinności, a nawet całkowitym jego zahamowaniem charakteryzują się wybrzeża o litologii sprzyjającej szybkiemu przesuszaniu i ekspozycjach dogodnych dla oddziaływania wiatru. Na wybrzeżach tych obserwuje się rozwój procesów eolicznych, których najczęstszy efekt stanowią mikroniecki deflacyjne oraz piaszczyste ripplemarki. Szczególnymi przykładami charakteryzowanych wybrzeży są: półwyspy w środkowej części południowego i północnego wybrzeża zbiornika Dzierżno Duże (pozostałość rozmytej grobli dzielącej zbiornik na dwie części), południowe wybrzeże zbiornika Pogoria III, fragment północnego brzegu zbiornika Przeczyce – około 300 m na południe od mostu na drodze Siewierz – Mierzęcice.

W obrębie plaż powstają również tzw. szpyrki, czyli piaszczyste przylądki utworzone w miejscu, gdzie spotykają się dwa przeciwne prądy przybrzeżne (Flis, 1982). Szpyrk utworzony na południowym wybrzeżu omawianego zbiornika powstał w warunkach falowania wywołanego wiatrami na przemian z sektorów wschodnich i zachodnich. Formy te należą do nietrwałych i spotyka się je niezwykle rzadko (Rzętała, 1998). Badane zbiorniki wodne są zbyt małe, aby dwa przeciwne prądy przybrzeżne wykształciły się na skutek oddziaływania wiatrów z różnych kierunków. Formę na wybrzeżu zbiornika Dzierżno Duże, której rozwój obserwowano, utworzyły dwa przeciwne prądy przybrzeżne przy niezmiennym kierunku wiatru, tj. prąd przybrzeżny zgodny z kierunkiem wiania wiatru oraz prąd powrotny w zakolu wybrzeża zainicjowany spiętrzeniem wody dostarczanej wzdłuż brzegu do tego zakola.

W określonych warunkach zarówno hydrologicznych, jak i morfologicznych plaże ulegają przekształceniu w tzw. osuchy (mielizny). Są to brzegowe równiny piaszczyste lub muliste odsłaniane spod wody w czasie niskiego jej stanu i zalewane przy stanie wysokim (Flis, 1982). Tego typu formy zlokalizowano we wschodniej części południowego wybrzeża zbiornika Dzierżno Duże. Równina będąca dawnym poziomem eksploatacyjnym jest pokryta 10–20-centymetrowej grubości pokrywą mulistą, na którą w okresie niskiego piętrzenia wody wkracza roślinność zielna. Omawiana forma o powierzchni 1 ha jest sukcesywnie odcinana od zbiornika piaszczystym cyplem, którego długość osiągnęła już 50 m, a jego wysokość względna wynosi maksymalnie 15 cm (Rzętała, 1998). Osuchy spotyka się również we wschodnim sektorze zbiornika Przeczyce. Są to w tym przypadku bardzo rozle-

głe powierzchniowo formy występujące w miejscu dna dawnej doliny rzecznej, odsłanianego w okresie niskich stanów wody w zbiorniku. W jej nadbudowywaniu udział biorą zarówno procesy sedymentacyjne, jak i sedimentacja (proces akumulacji materii, w którym pokłady osadów powstają z biomasy wyrastającej z osadu – por. Tobolski, 1995), która genetycznie jest związana z intensywnym rozwojem roślinności zielnej w obrębie charakteryzowanych form. Wielkość przyrostu miąższości osadów wypełniających zagłębienia mielizn względem podłoża szacuje się na kilka milimetrów rocznie, przy czym są to dane zupełnie przypadkowe, których nie można uznać za reprezentatywne dla całej powierzchni, zwłaszcza że w wielu miejscach charakteryzuje się ona wyniesieniami pozbawionymi osadów.

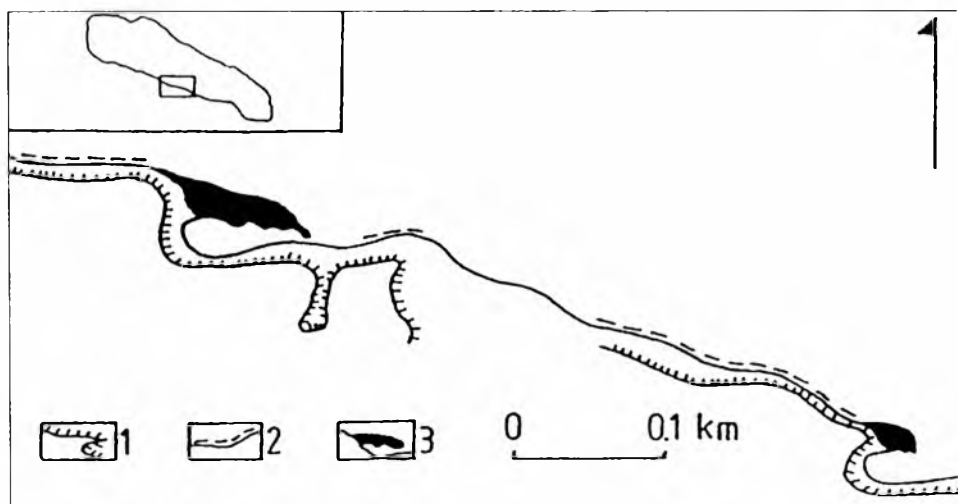
#### **4.1.5. Cyple piaszczyste**

Cyple piaszczyste są formami brzegowymi w kształcie wąskich półwyspów, ciągnących się w przedłużeniu plaży, rosnących wskutek stałej dostawy materiału piaszczystego (Klimaszewski, 1995). Ciągłość procesu akumulacyjnego może doprowadzić do przekształcenia cypla piaszczystego (kosy) w mierzeję odcinającą zalew – dawną zatokę jeziora od zbiornika (Klimaszewski, 1978; Flis, 1982). Wcześniejsze badania jezior (np.: Drwał, Gołębiowski, 1968; Korolec, 1968) dowodzą, że cyple powstają w miejscach załamania linii brzegowej, a przyrost ich powierzchni utożsamiany ze zwiększeniem kubatury następuje przede wszystkim na wypukłościach lądu od strony zawietrznej. A. Jaguś (1997) genezę cypli wiąże z refrakcją fal przenoszących potok rumowiska, które osadzają niesiony materiał w postaci przyszlęj mierzei. Warunkiem tworzenia tego rodzaju form jest obecność fragmentu brzegu składającego się z części wysuniętej w stronę zbiornika i części cofniętej w stronę lądu oraz koncentrycznego układu izobat w strefie takiego załamania linii brzegowej. Zdecydowana większość cypli (mowa tylko o cyplach genetycznie związanych z wodami limnicznymi, a nie o ukształtowaniu powierzchni jako pozostałości np. dna doliny przed zalaniem) na wybrzeżach badanych zbiorników wodnych była obserwowana na brzegach sektorów wschodnich, rzadziej południowych i północnych, a więc w strefach oddziaływania wiatrów zachodnich jako

dominujących na badanym obszarze. Sama ich lokalizacja pozwala przypuszczać, iż swe powstanie zawdzięczają falowaniu i prądom przybrzeżnym, wywołanym przez te wiatry.

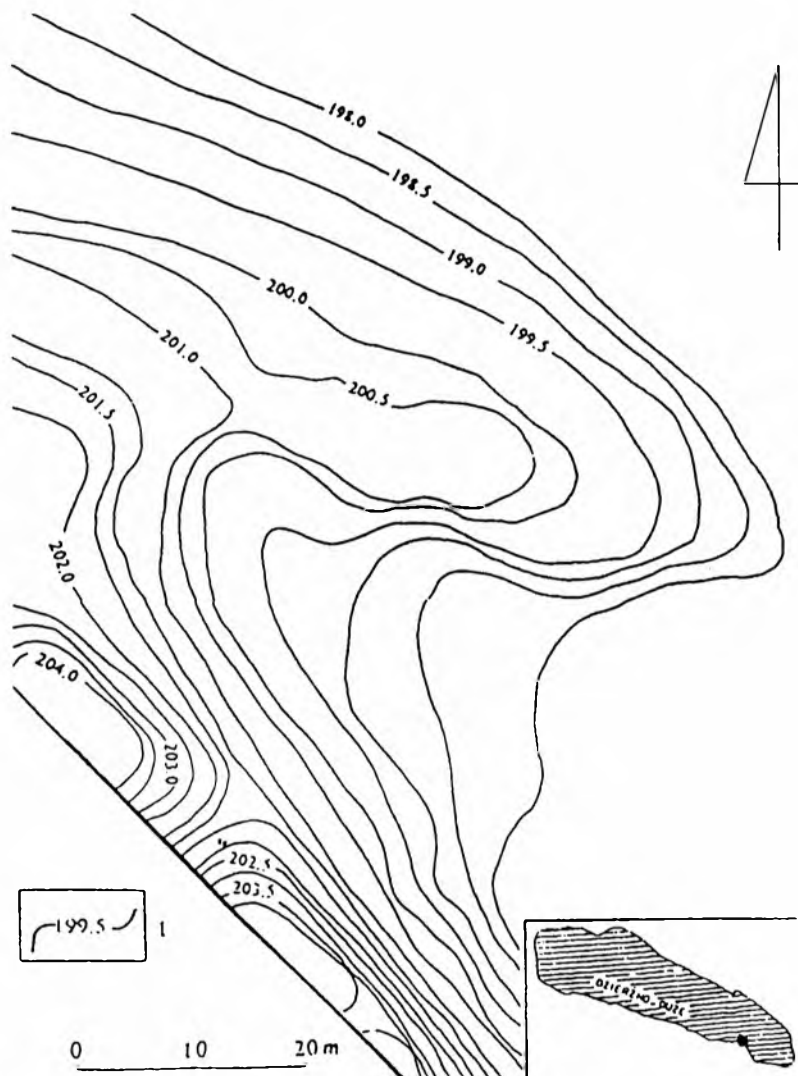
Cykle piaszczyste, będące trwałym elementem rzeźby brzegu, występują na wybrzeżach zbiorników Dzierżno Duże (rys. 20), Pogoria III, Kozłowa Góra i Przeczyce, przy wyraźnym zróżnicowaniu ich liczebności. Niezależnie od zbiornika, na którym występują, ich powierzchnie i kubatury, cykle piaszczyste są osadzone w misie zbiornikowej na skłonie, który schodzi od brzegu w toń zbiornika. Nasada cypli jest połączona z brzegiem szeroką podstawą (rys. 20). Cykle piaszczyste wnikają w zbiornik łukiem lub wydłużonym językiem. W miarę zwężania się cypla rośnie miąższość budujących je piasków. Przebieg ich kształtowania nie różni się zasadniczo od sposobu kształtowania analogicznych form na wybrzeżach zbiorników naturalnych (Korolec, 1968), przy czym omawiane cykle są nadbudowywane z różną intensywnością, uwarunkowaną poziomem piętrzenia wody, od czego zależy ilość dostarczanego materiału piaszczystego.

W pierwszym z wymienionych zbiorników jest ich pięć i po jednym na pozostałych. Najciekawszym, a zarazem modelowym dla możliwości obserwacji przebiegu jego kształtowania jest cypel piaszczysty na południowo-wschodnim wybrzeżu zbiornika Dzierżno Duże (rys. 21). Przeprowadzone w styczniu 1995 roku pomia-



**Rys. 20.** Formy powstałe w wyniku oddziaływania procesów brzegowych na południowym wybrzeżu zbiornika Dzierżno Duże

1 - krawędzie dawnego pola eksploatacyjnego, 2 - wybrzeża abradowane (strefy wynoszenia materiału), 3 - formy akumulacyjne (mierzeje, kosy)



**Rys. 21.** Szkic sytuacyjno-wysokościowy cypla piaszczystego na południowo-wschodnim wybrzeżu zbiornika Dzierżno Duże  
1 – poziomice [m n.p.m.]

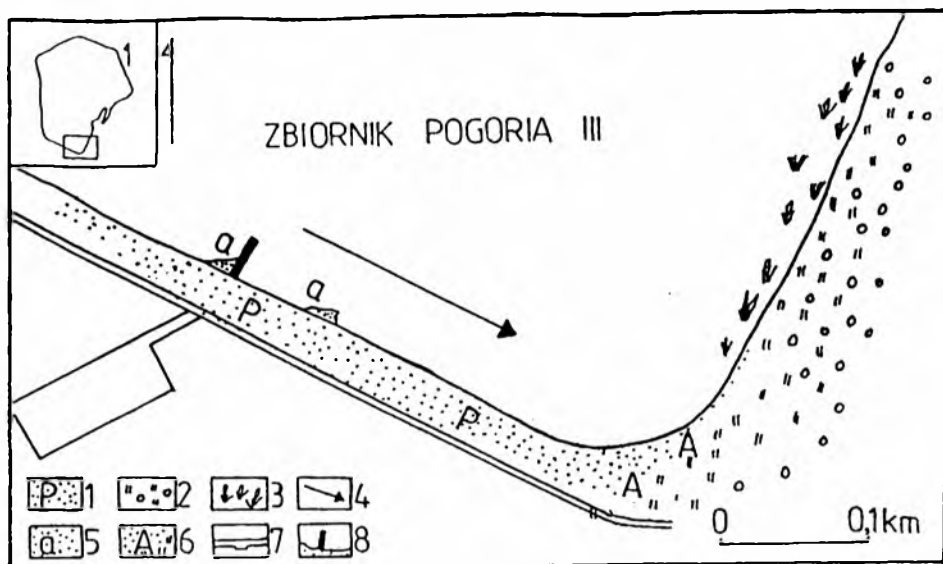
ry geodezyjne oraz odwierty i wkopy w obrębie cypla wykazały, że jego podłoże w części zachodniej znajduje się na głębokości kilkunastu centymetrów od powierzchni terenu i osiąga ponad 2 m w części wschodniej. Długość cypla nie przekracza 50 m, szerokość wynosi maksymalnie 40 m, a wysokość bezwzględna osiąga maksymalnie 201,0 m n.p.m. Objętość materiału będącego budulcem cypla i związanego genetycznie z transportem, a następnie

akumulacją jeziorną, oszacowano na nieco ponad  $950 \text{ m}^3$  (co pozwala określić wypadkową procesów akumulacyjno-abrazyjnych w okresie funkcjonowania zbiornika jako dodatnią i wynoszącą około  $27 \text{ m}^3/\text{rok}$ ). W rzeczywistości dane te mogą odbiegać od podanego schematu, jest on bowiem modyfikowany czasem trwania stanów wody wraz z wyższymi, co ma istotne znaczenie zwłaszcza dla nadbudowy lub degradacji wierzchołkowej części formy. Powierzchnia cypla jest sterasowana, a jego kształt świadczy o młodym stadium rozwoju formy, która w przyszłości odetnie od zbiornika obecną zatokę. Po stronie zawietrznej na krańcu większości cypli piaszczystych obserwowanych na brzegach zbiornika Dzierżno Duże stwierdzono formy, nazywane przez J. Drwala i R. Gołębiewskiego (1968) językami piaszczystymi. Są to formy rytmicznie tworzone w warunkach utraty siły nośnej przy zmianie kierunku linii brzegowej cypla przez przemieszczający się wzdłuż niego potok rumowiska. A. Jaguś (1997) podaje, że powstający pierwszy język działa jak osłona, poza którą pojawia się mała zatoczka, a potok rumowiska dzięki refrakcji fal przemieszcza się dalej i za zatoczką akumuluje materiał w postaci drugiego języka, ustępującego wielkością poprzedniemu. W zależności od ilości wleczonego materiału może powstać większa liczba takich języków.

Na pozostałe zbiorniki wodne (Pogoria III, Przeczyce, Kozłowa Góra) przypada zaledwie po jednym cyplu dla każdego, przy czym są one dużo mniejsze pod względem kubatury budującego je materiału oraz okresowo degradowane przez zalewy znacznej części powierzchni całkowitej. W zasadzie można stwierdzić, iż charakteryzują się one inicjalnością, ale mimo okresowych zalewów nie mają już charakteru efemeryd. W każdym przypadku materiałem budującym są różnofrakcjonalne piaski o średniej średnicy ziaren ( $Mz$ ) mieszczącej się w granicach  $0,1\text{--}0,5 \text{ mm}$  i charakteryzujące się wysortowaniem ( $0,4\text{--}0,7$ ) sugerującym limniczne pochodzenie tych osadów. Objętość osadów jest stosunkowo niewielka i wynosi od kilku  $\text{m}^3$  (cypel na końcu półwyspu zamykający zatokę we wschodniej części zbiornika Pogoria III) lub kilkunastu  $\text{m}^3$  (cypel na północnym brzegu zbiornika Przeczyce) do nieco ponad  $20 \text{ m}^3$  (w przypadku południowo-wschodniego sektora zbiornika Świerklaniec).

Ponadto na wybrzeżach omawianych zbiorników powstają niewielkie powierzchniowo cyple piaszczyste (rys. 22), które w niedługim czasie częściowo lub w całości ulegają degradacji, a więc mają charakter wybitnie efemeryczny. Szczególnie często





**Rys. 22.** Formy akumulacyjne w południowo-wschodnim sektorze zbiornika Pogoria III

1 - odsłonięte powierzchnie piaszczyste, 2 - brzegi umocnione roślinnością, 3 - przybrzeżna roślinność wodna, 4 - kierunek prądu litoralnego przy wiatrach z sektorów zachodnich, 5 - formy akumulacyjne (cyple piaszczyste) o charakterze efemeryd, 6 - trwałe formy akumulacyjne (plaża), 7 - drogi, 8 - pomosty

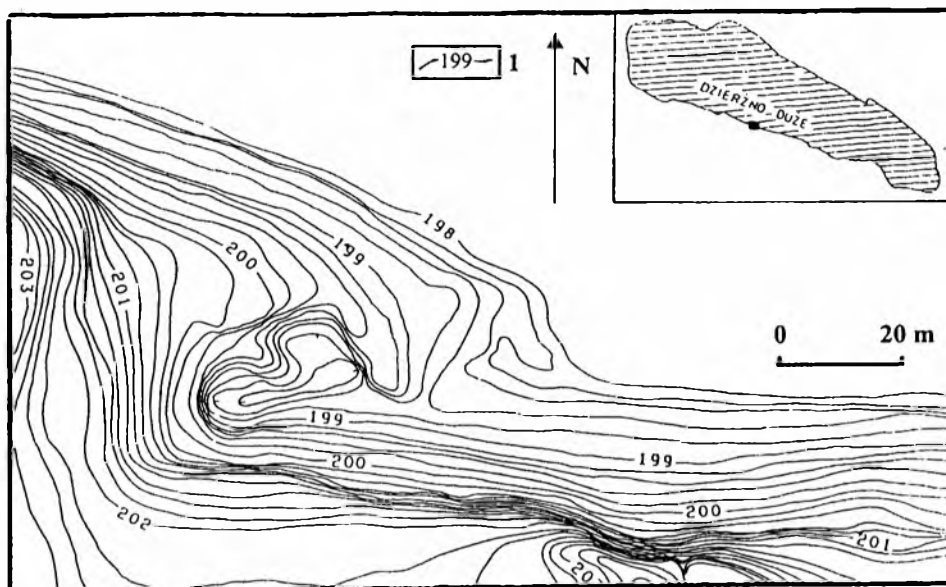
tego typu formy (o żywotności kilku, kilkunastu lub kilkudziesięciu dni) tworzą się:

- w połowie długości północnego i południowego wybrzeża zbiornika Dzierżno Duże, tj. w sąsiedztwie półwyspów będących pozostałością grobli dzielącej misę jeziorną,
- na piaszczystych, odkrytych powierzchniach południowych części wschodniego i zachodniego brzegu zbiornika Świerkianiec,
- na południowym wybrzeżu zbiornika Pogoria III (specyficznym cypłem jest antropogenicznie zainicjowana akumulacja po lewej stronie pomostu wyprowadzonego na północ, tj. prostopadłe do brzegu południowego – rys. 22),
- na niewielkich piaszczystych powierzchniach brzegu zbiornika Przeczyce sąsiadującego z miejscowościami Boguchwałowice oraz Tuliszków.

#### 4.1.6. Mierzeje

Spośród wielu określeń mierzei najbardziej rozpowszechnione jest to, które definiuje ją jako wynurzony długi wał odcinający wody zatoki jeziora (w odróżnieniu od kosa, która przylega do lądu tylko jednym końcem), wytworzony w wyniku akumulacji piasku transportowanego przez prądy przybrzeżne i wyrzucanego na brzeg oraz przewiewanego przez wiatr (Flis, 1982). Mierzeje bardzo często tworzą się na przedłużeniu półwyspów. W omawianych zbiornikach wodnych zidentyfikowano wiele form tego typu. Najczęściej były to małe mierzeje (o długości kilku metrów) powstające w sprzyjających warunkach anemologicznych, a ulegające degradacji w okresach większego falowania (bądź zmiany stanu wody w zbiorniku). Znacznie mniej spotyka się mierzei zaliczanych do trwałych elementów rzeźby wybrzeża, tzn. nie ulegających degradacji w okresach silnego falowania, okresowego zalewu w wyniku podpiętrzenia wody. Zdecydowanie korzystniejsze warunki do utworzenia mierzei mają zbiorniki o wysoce urozmaiconej linii brzegowej, ponieważ obfitość zakłęśnień oraz duża liczba zatok sprzyja powstawaniu tych form wobec występowania wzdłużbrzegowego ruchu wody transportującej rumowisko. Warunki te najczęściej spełniają zbiorniki poeksploatacyjne o sztucznie ukształtowanych wybrzeżach dawnego wyrobiska. Nawet jeśli jego ściany są stosunkowo proste, to w wyniku likwidacji stromych stoków podcinanych przez wodę wprowadzoną do wyrobiska uaktywniają ją ruchy masowe prowadzące do lokalnego urozmaicenia linii brzegowej. Zbiorniki zaporowe charakteryzuje dużo mniejsza liczba mierzei między innymi ze względu na łagodniejsze spadki zatopionych zboczy dolin rzecznych i mniejszą zasobność w potencjalny materiał je budujący.

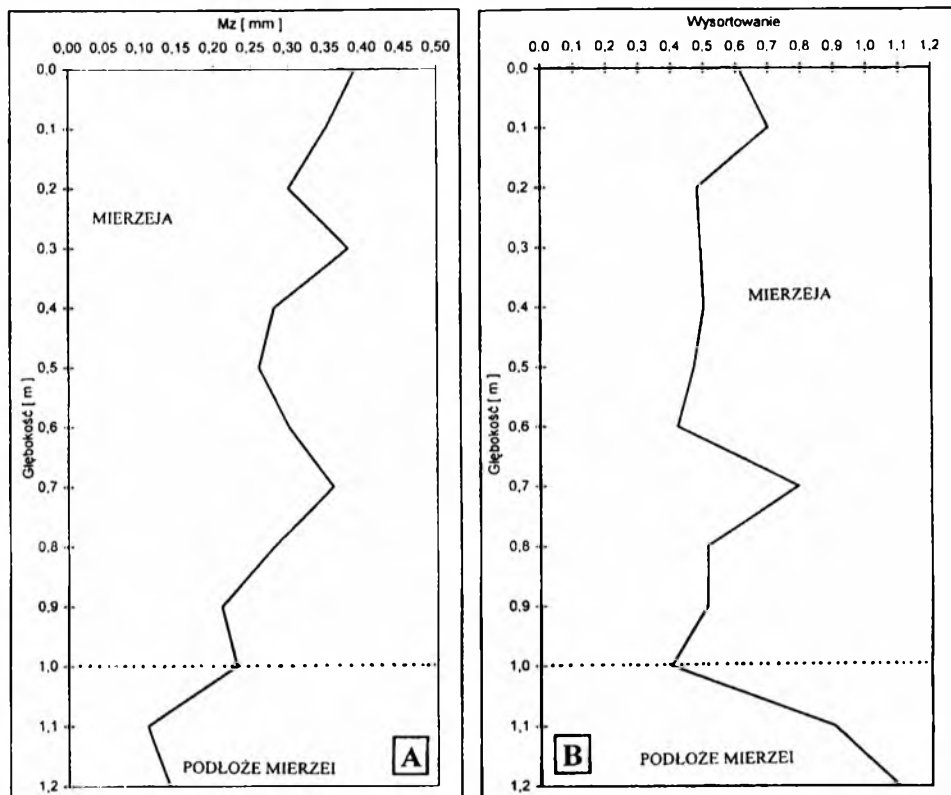
Najwięcej mierzei występuje na brzegach zbiornika Dzierżno Duże. Są to obiekty najczęściej o charakterze efemeryd, jedynie dwa spełniają wspomniane kryterium trwałego elementu rzeźby strefy litoralnej. Warto zauważyć, że te dwie formy są jedynymi z tej grupy, zapisującymi się na trwałe w rzeźbie wybrzeża w grupie zbiorników opisywanych w niniejszej pracy. Pierwsza z nich znajduje się w połowie długości południowego wybrzeża (rys. 23), druga natomiast utworzyła się na północno-wschodnim wybrzeżu zbiornika (fot. 3) na bazie cypla będącego pozostałością po eksploatacji piasku. Krawędzie wyrobiska tworzyły tam pierwotne załamanie linii brzegowej pod kątem 90°, stwarzając dogodne



**Rys. 23.** Mierzeja na południowym brzegu zbiornika Dzierżno Duże  
1 – poziomice [m n.p.m.]

warunki do akumulacji materiału piaszczystego transportowanego przez prądy przybrzeżne w warunkach występowania wiatrów z sektora zachodniego. W czasie wysokiego poziomu piętrzenia wód limnicznych przeważnie ulegają one zatopieniu.

W związku z dużym podobieństwem obu form zostanie omówiona mierzeja zlokalizowana na południowym wybrzeżu zbiornika (rys. 23, 24), która utworzyła się przez nadbudowę cypla poeksploatacyjnego, gdzie krawędzie wyrobiska tworzyły załamania linii brzegowej stanowiące przeszkodę wygaszającą siłę nośną prądów przybrzeżnych, co z kolei prowadziło do akumulacji w tym miejscu transportowanego materiału. Długość mierzei wynosi 60 m, a szerokość waha się od 30 m w części zachodniej do 10 m w części wschodniej. Oś formy biegnie w kierunku wschodnim, a jej wysokość bezwzględna jest równa 201,5 m n.p.m. w części zachodniej i 197,0–198,0 m n.p.m. w części wschodniej. Powierzchnia badanej formy – odcinającej od zbiornika obniżenie (zalew) o powierzchni około 200 m<sup>2</sup> – wynosi około 1200 m<sup>2</sup>. Z kolei kubaturę mierzei, tj. ilość materiału budującego formę szacuje się na 850 m<sup>3</sup>. Mierzeja jest zbudowana z szeregu warstw piasków o nachyleniach w kierunku zbiornika lub zalewu, co świadczy o często zmieniającym się położeniu osi głównej tej formy. Piaski w większości są laminowane i zawierają wkładki substancji orga-



**Rys. 24.** Średnia średnica ziaren (A) i wysortowanie (B) osadów budujących mierzeję zlokalizowaną w środkowej części południowego wybrzeża zbiornika Dzierżno Duże

nicznej, co dowodzi fazowości procesu akumulacyjnego (fot. 4). Średnia średnica ziaren ( $M_z$ ) materiału piaszczystego budującego mierzeję waha się w granicach 0,2–0,4 mm i cechuje się dobrym wysortowaniem (0,4–0,8) świadczącym o limnicznym charakterze tych osadów. Podłoże mierzei (powierzchnia dawnego cypla poeksploatacyjnego) znajduje się średnio 60–70 cm poniżej sterasowanej powierzchni tej formy (rys. 24). Najgłębiej zalega w jej centralnej części (1,5 m), natomiast na krańcach formy głębokość zalegania podłoża zmniejsza się do kilkunastu centymetrów. W podłożu mierzei (strop cypla) zalegają utwory piaszczyste z domieszką frakcji drobniejszych (średnia średnica ziaren: 0,12–0,25 mm) o słabszym wysortowaniu (0,8–1,1) w porównaniu z nadległym materiałem limnicznym budującym mierzeję (Rzętała, 1998).

#### 4.1.7. Wały brzegowe

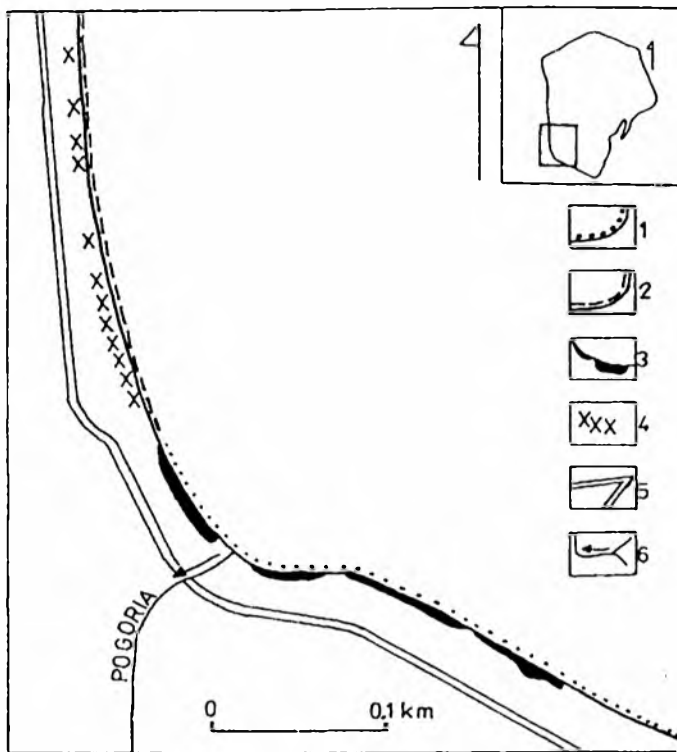
Wały brzegowe są formą powszechnie spotykaną na skraju zbiorników wodnych. Powstają w obrębie płaskich odcinków wybrzeży. Tworzy je materiał wyrzucany na niski brzeg przez fale przyboju. Warunki ich powstawania wiążą się z prostopadłą ekspozycją brzegu do kierunku natarcia fal oraz z obecnością materiału budującego. Zaznaczyć wypada, że formy, o których mowa, powstają zarówno przy stanach wysokich jak i niskich, a po zatopieniu ulegają degradacji w wyniku oddziaływania falowania. Ich całkowite odsłonięcie, utożsamiane z osuszeniem, naraża je na rozwiewanie przez wiatr i denudacyjną działalność wód opadowych oraz spływających powierzchniowo. A. Jaguś (1997) zaznacza, że często dochodzi do sytuacji, w której od strony lądowej powstaje zagłębienie, w którym może się utrzymywać woda przelewana przez grzbiet wału po rozbiciu fal wysokich.

Powszechnym elementem rzeźby strefy litoralnej omawianych zbiorników wodnych są wały brzegowe. Dogodne warunki do ich powstawania istnieją zwłaszcza w okresach niskiego poziomu piętrzenia wody z uwagi na następujący wówczas przyrost powierzchni piaszczystych. Najczęściej spotykanymi tego typu formami są wały piaszczyste o przebiegu równoległym do linii brzegowej. Największą ich liczebność – każdorazowo o charakterze efemeryd – stwierdzono na brzegach zbiornika Dzierżno Duże, a następnie Pogoria III, Przeczyce i Świerklaniec. Wysokość wału nie przekracza 20 cm, a szerokość najczęściej wynosi do około 0,5 m, długość zaś waha się od kilku do maksymalnie kilkudziesięciu metrów. Budulec stanowią głównie piaski średnioziarniste, dobrze wysortowane, lecz zdeponowane bez wyraźnych struktur kierunkowych. Są to formy akumulacyjne podlegające częstemu modelowaniu. Spotyka się je na całej szerokości plaż nachylonych ku zbiornikom plaż jako formy niezależne bądź wchodzące w skład form większych, np. mierzei. W tworzeniu omawianych form na wybrzeżach wszystkich zbiorników udział bierze materiał piaszczysty o podobnym uziarnieniu. Materiał znajdujący się po stronie stoków proksymalnych charakteryzował się nieznacznie wyższą średnią średnicą ziaren ( $Mz = 0,44$ ) od tych po stronie dystralnej ( $Mz = 0,37$ ), co nie daje raczej podstaw do przesądzenia o wyraźnym zróżnicowaniu wielkości materiału, aczkolwiek jest to przesłanka mówiąca o transporcie mniejszych ziaren na stronę odlądową wału. Podkreślenia wymaga fakt, iż wały brzegowe

w obrębie brzegów wszystkich analizowanych zbiorników cechowała niezwykle dynamika zmian, przejawiająca się na przemian albo bardzo częstym tworzeniem, albo degradacją opisywanych form (w przypadku zbiornika Dzierżno Duże stwierdzono np. czterokrotny cykl akumulacja–degradacja w ciągu dwóch dób).

Jak dowodzą liczne prace (Korolec, 1968; Gierszewski, 1995; Rzętała, 1993, 1998), odrębnym typem wałów brzegowych są formy powstałe w wyniku spiętrzenia i przesunięcia, a w rezultacie zdeponowania wywołanego przez pokrywę lodową. Od jej powierzchni, kształtu, grubości i intensywności naporu na brzeg zależy morfometria i kształt utworzonych form wiązanych najczęściej z procesami egzaracyjnymi (np. Banach, 1993b, 1994) lub równie często z abrazją lodową, która ponadto warunkuje charakter degradowanej powierzchni. Są to formy o charakterze efemerycznym. Jako pojedyncze rzadko zapisują się na trwałe w morfologii brzegów, ale wielokrotny cykl ich pełnego rozwoju może takowy zapis w rzeźbie i osadach pozostawić. Co ciekawe, procesy te mogą prowadzić do istotnych zmian w morfologii wybrzeży nawet w strefach poza zasięgiem falowania występującego w innych porach roku. Przytoczone dalej przykłady są dosyć znamienne dla zobrazowania możliwości morfotwórczych pokrywy lodowej.

Na wybrzeżach zbiornika Dzierżno Duże obserwowano bezładne przemieszczenia materiału piaszczystego, spowodowane naporem niewielkiej grubości, kruchej, ale rozległej tafli lodowej, dające w efekcie wały piaszczyste. Przemarznięty materiał brzeżny zalegający w sąsiedztwie okładów zapory czołowej i bocznej zbiornika Świerklaniec w wyniku naporu lodu został wydzwignięty na wysokość ponad 1,5 m w stosunku do pierwotnego położenia, inicjując destabilizację obwałowań (fot. 5). Na południu zbiornika Pogoria III napór stopionej jedynie przy brzegach kry lodowej, miąższej na kilka centymetrów, powoduje stosunkowo częste przemieszczanie przemarzniętej brzegowej pokrywy piaszczystej w formie płyty (długość – około 200 m; szerokość – około 2 m, a w jednostkowych przypadkach nawet 10 m; grubość – średnio 15 cm) na odległość kilkunastu centymetrów (fot. 6). Inne przykłady dotyczą darniowych wałów brzeżnych o wysokości do 0,5 m, powstałych przez wypiętrzenie w wyniku kilkakrotnego naporu kry lodowej (rys. 25) lub – w przypadku zbiornika Przeczyce – destabilizacji roślinności utrwalającej wybrzeże płaskie. Po roztopach materiał piaszczysty pochodzący z abrazji zostaje zdeponowany w formie wałów piaszczystych, które w większości przypadków ulegały szybkiemu rozmyciu, lub pozostawiony w postaci prze-



**Rys. 25.** Zbiornik Pogoria III – wpływ pokrywy lodowej na morfologię brzegu

1 – wybrzeża plażowe, 2 – wybrzeża umocnione roślinnością, 3 – pokrywy piaszczyste przemieszczone przez napierającą pokrywę lodową, 4 – wały brzegowe powstałe w wyniku naporu kry lodowej, 5 – drogi, 6 – ciek

suniętych i oderwanych od podłoża darniowych płatów, jeśli tym materiałem była darni. Generalnie deformacje brzegów omawianych zbiorników w wyniku oddziaływania pokrywy lodowej dotyczą głównie wąskiego pasa wzdłuż linii brzegowej, mimo że istotna zmiana poziomów piętrzenia (Dzierżno Duże, Przeczyce, Świerklaniec) prowadzi do intensyfikacji procesów egzaracyjnych na ciągle nowych horyzontach. Lód, spychając materiał brzegowy lub zdzierając jego wierzchnią warstwę, stwarza możliwość późniejszej intensywniej degradacji przez fale nowo powstałych form, gdyż z racji wyorania osadu z niższej partii brzegu linia wody sięga dalej w głąb lądu. Zjawiska tego rodzaju biorą udział w całym procesie cofania się brzegów, a ich efekty świadczą o znacznym zasięgu i sile procesu egzaracji lodowej.

Specyficznym typem wału brzegowego jest nagromadzenie materiału organicznego wzdłuż linii brzegowej, szczególnie częste

w sąsiedztwie: a) powierzchni porośniętych przez bujną roślinność będącą źródłem dostawy tzw. sieczki roślinnej; b) miejsc zalegania torfów lub materiału zawierającego duże ilości części organicznych, c) miejsc alimentacji silnie zanieczyszczonymi wodami rzecznyymi. Osiągają one wysokość 20 cm, szerokość 40 cm, a długość dochodzącą nawet do kilkudziesięciu metrów w przypadku zbiornika Dzierżno Duże oraz kilku metrów w przypadku zbiornika Świerklaniec i Przeczyce. Jeśli chodzi o zbiornik Dzierżno Duże, to zdeponowana w formie wału sieczka roślinna w warunkach obniżenia zwierciadła wody ukorzenia się, dając początek pasom roślinności porastającej wybrzeże (np. brzeg północny na wysokości Zakładów Naprawczych Taboru Kolejowego). Na brzegach zbiornika Pogoria III nagromadzenia, o których mowa, występują punktowo i niezwykle rzadko, nie dając podstaw do wyróżnienia form w postaci organicznych wałów brzegowych.

Z zagadnieniem depozycji materii organicznej, między innymi na brzegach, wiąże się proces eutrofizacji wód retencjonowanych w zbiornikach wodnych (Jankowski, Rzętała, 1998; Kozyreva i in., 2000). Pochodną zwiększonych ilości substancji biogenych w wodach są jej tzw. zakwity wynikające z rozwoju fitoplanktonu (np. Kajak, 1979, 1995; Bucka, 1993). Na wybrzeżach niektórych zbiorników wodnych (np. Dzierżno Duże, Świerklaniec, Przeczyce) spotyka się wały zbudowane przede wszystkim z obumarłego fitoplanktonu, osiagające rozmiary maksymalnie kilku centymetrów szerokości, do 5 cm wysokości i nawet kilkuset metrów długości. Nie stanowią trwałego zapisu w morfologii wybrzeża, ale ich obecność ma znaczący wpływ na walory estetyczne otoczenia zbiornika, stając się w pewnym sensie źródłem budulca dla przyszłorocznych zbiorowisk roślin jednorocznych w zasięgu litoralu, gdzie bardzo często spotkać można rośliny ruderalne.

#### **4.1.8. Pozostałe formy brzegowe**

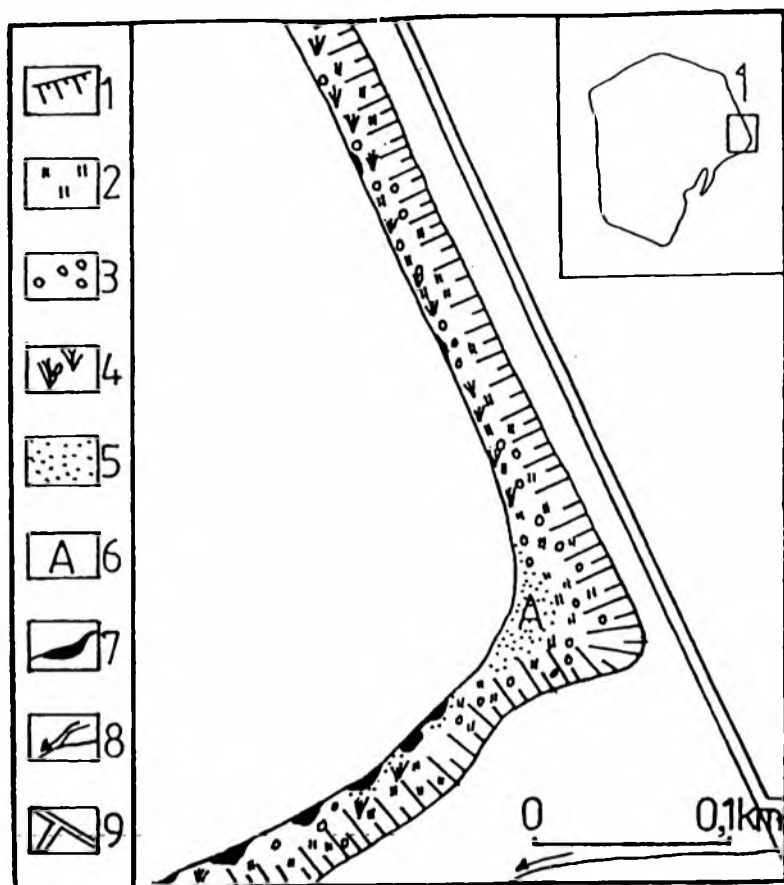
Specyficznemu rozwojowi podlegają powierzchnie utrwalone przez roślinność zielną. Przeprowadzone pomiary uwidaczniają, że udział tego typu wybrzeży na całej długości linii brzegowej wzrasta w istotny sposób przy wysokich poziomach piętrzenia. Działalność abrazyjna fal, zwłaszcza na brzegach zadarnionych, przejawia się tworzeniem zerw darniowych o różnym stopniu wy-



kształcenia. Ich rozmiary są zależne od rozwoju systemów korzeniowych i rodzaju litologii wybrzeża, ale najczęściej stanowią je pakiety o kilkudziesięciocentymetrowej długości i szerokości kilkunastu centymetrów. Tego typu formy obserwowano na wybrzeżach wszystkich badanych zbiorników wodnych. Warto zauważyć, że w specyficznych warunkach falowania i spoistości materiału podłoża zamiast zerw darniowych mogą powstawać darniowe wały brzeżne.

W strefach brzegowych omawianych zbiorników wodnych często spotyka się odcinki wybrzeży charakteryzujące się przewagą abrazji nad akumulacją, co jednak nie prowadzi do wykształcenia wyraźnych form. Jaskrawym przykładem tego typu działalności zachodzącej i obserwowanej na południowym wybrzeżu zbiornika Dzierżno Duże jest jedynie rumosz skalny zalegający w strefie wahań stanów wody. Dawne plaże na skutek erozji zostały pozbawione materiału piaszczystego i ilastego. Obecnie zalega tam materiał frakcji żwirowej i kamienistej (Rzętała, 1998). Analiza petrograficzna wskazuje na to, iż jest to materiał pochodzący prawdopodobnie z okresu zlodowacenia środkowopolskiego (Jahn, 1955).

Mikrozatoki na wybrzeżach omawianych zbiorników wodnych powstają na skutek abrazji płaskiego lub klifowego wybrzeża, a ich wielkość między innymi zależy od podatności wybrzeża na niszczenie. Niezwykle istotną rolę w procesie powstawania mikrozatok odgrywa roślinność krzewiasta i zielna, która przez system korzeniowy umacnia wybrzeże, a tym samym ogranicza tempo abrazji (Rzętała, 1998). Ponadto obecność mikrozatok urozmaica linię brzegową zbiorników, a same formy są elementami większych form ukształtowania wybrzeża (rys. 26), wchodząc w skład np. klifów czynnych i teras. Podobnie można klasyfikować również okresowo pojawiające się żłobki erozyjne, znamienne dla tych powierzchni wybrzeża, które łagodnie opadają ku wodzie. W ich tworzeniu biorą udział procesy spłukiwania wywołane przez wody opadowe lub pochodzące z przybrzeżnych młak i wysięków. Spływy oraz transport rumowiska odbywają się w kierunku zbiornika, a efektem są niewielkie żłobki erozyjne zakończone stożkami napływowymi rozmywanymi przez fale (np. północne wybrzeża zbiornika Przeczyce). Często są również elementem rzeźby wyróżnianym w obrębie mikrozatok genetycznie związanych z wysiękami i towarzyszącymi im procesami erozji wstecznej. System takich form można spotkać na wschodnich wybrzeżach zbiornika Pogoria III.



**Rys. 26.** Szkic morfologiczny wschodniego zakola zbiornika Pożoria III

1 - krawędzie dawnego pola eksploatacyjnego, 2 - brzegi umocnione roślinnością trawiastą, 3 - brzegi umocnione roślinnością drzewiastą, 4 - brzegi umocnione roślinnością krzewiastą, 5 - odsłonięte powierzchnie piaszczyste, 6 - trwałe formy akumulacyjne (plaża), 7 - mikrozatoki, 8 - ciekiki, 9 - drogi

Mikrozatoki stanowią powszechny element rzeźby wybrzeży wszystkich zbiorników (rys. 26), a na uwagę zasługuje fakt, iż są one jedną z pierwszych widocznych oznak degradacji (niszczenia) wybrzeży umocnionych antropogenicznie. Można je uznać za swoiste formy progowe w przypadku tych brzegów, oddzielają bowiem okres niszczenia korozyjnego elementów zabudowy hydrotechnicznej od następującego później czasu szybkiego niszczenia mechanicznego tych elementów, wspomaganego procesami wietrzenia mechanicznego. Jako przykład można podać miejscowe rozszczelnienie (efekt w postaci mikrozatok) odwodnych stron

wału zachodniego zbiornika Świerklaniec oraz wybrzeża przylegającego do wschodniego przyczółka zapory czołowej zbiornika Przeczyce, a także fragmentów zabudowy systemu zrzutowo-upustowego zbiornika Dzierżno Duże.

Warto kilka słów poświęcić też procesom korozyjnym, które są czynnikiem warunkującym powstawanie nieodwracalnych i niepożądanych zmian w betonowych elementach zabudowy hydrotechnicznej, objawiających się chociażby ich przebarwieniami, a w dalszej konsekwencji uszkodzeniami wymagającymi częstych remontów. Są ponadto istotnym elementem inicjującym zmiany o charakterze mechanicznym. Literatura przedmiotu dowodzi, że istnieje wiele sposobów oceny agresywności wody (PN-80/B-01800, 1980; Pulina, 1992). Posługując się diagramem agresywności węglanowej wód w stosunku do cementów i betonów, stwierdza się, że zbiorniki, o których mowa, najczęściej można lokować w przedziale tzw. korozji możliwej, będącej strefą przejściową między strefą niekorozyjną i strefą dużej korozji. W ciągu roku zdarzają się okresy, w których korozja jest uznawana za dużą, zwłaszcza gdy występują spadki wielkości odczynu wody. Zdarzają się one zazwyczaj w półroczach chłodnych, ale nie można wykluczyć też zmian epizodycznych związanych z antropopresją. Mimo wszystko tempo i zakres agresywnego oddziaływania wód na elementy betonowe wybrzeży nie stanowi dużego problemu eksploatacyjnego, a szeroko rozumiane uszkodzenia należy wiązać przede wszystkim z procesami wietrzenia mechanicznego.

## **4.2. Przestrzenne zróżnicowanie występowania osadów dennych**

Przestrzenne występowanie i miąższość osadów dennych zależą przede wszystkim od: charakteru przepływowości, antropogenicznie stymulowanego obiegu materii na terenie zlewni, okresu funkcjonowania zbiornika oraz pierwotnie antropogenicznie ukształtowanego dna misy. W niniejszym rozdziale podjęto próbę przedstawienia charakterystyki osadów dennych kształtujących się w stosunkowo młodych elementach środowiska, jakimi są badane sztuczne zbiorniki wodne funkcjonujące w zlewniach o różnym stopniu antropogenicznego przeobrażenia.

### 4.2.1. Miąższość i kubatura

Dostępne formuły pozwalają na określenie stopnia zamulenia zbiorników wodnych uwzględniającego zazwyczaj rozmiary akumulacji rumowiska transportowanego przez dopływy powierzchniowe. Dalsze szacunki należy odnosić do efektów mokrej i suchej depozycji na powierzchnię zwierciadła wód limnicznych, a także wypadkowych całokształtu zmian morfologicznych zachodzących w strefach litoralnych włącznie z sedimentacją. Mimo że dla większości zbiorników wodnych za niewielką – w porównaniu z całkowitą ilością materiału niesionego przez dopływy – uważa się ilość produktów pochodzących z abrazji wybrzeży (Cyberski, 1969; Banach, 1993a) oraz z obumierania roślinności wodnej (Łopuch, 1995), to podkreślenia wymaga fakt dużych „wewnętrznych” zmian morfologicznych w obrębie mis zbiorników (zwłaszcza poeksploatacyjnych). Ich przykładem są przemieszczenia materiału w obrębie brzegów i dna misy, a następnie ich depozycja po przeobrażeniu sedymentologicznym w postaci formy o zupełnie odmiennej morfometrii. Zmiany te można obrazować porównaniami wielkości denudacji odpływowej ze zlewni z – świadczącymi o rzeczywistej denudacji – wielokrotnie większymi przemieszczeniami materiału w jej obrębie.

Niewątpliwą wadą formuł jest szacunkowość wynikająca prawdopodobnie z braku jednoznacznych i uniwersalnych modeli rozwiązań problemu wielkości zamulania. Znalazły one odzwierciedlenie w pracach wielu badaczy (Łajczak, 1986, 1995; Ratomski, Stonawski, 1991 i inni) zajmujących się zagadnieniem kubatury osadów dennych w środowisku wód limnicznych. Ich lektura dowodzi, że jedynym skutecznym i najbardziej wiarygodnym sposobem oceny rozmiarów zamulenia jest przeprowadzenie pomiarów niwelacyjnych względem misy pozbawionej wody. Są to więc ograniczone możliwości dokonania skutecznych ocen odnośnie do większości zbiorników górnośląskich.

Próby przeprowadzenia obliczeń bilansu ładunków w systemie alimentacja – odpływ zbiornika tylko nieznacznie nawiązują do sondażowo wykonanych pomiarów miąższości pokryw osadów dennych. Ani jedno, ani drugie działania nie przesądza o ich objętości. Dokonanie obliczeń na podstawie otrzymanych pomiarów stwarza niebezpieczeństwo powstania wielu uogólnień nieadekwatnych do rzeczywistej morfometrii modyfikowanej środowiskiem wód limnicznych. Problemem są np.: ocena stopnia kom-

pakcji osadów w zbiorniku wodnym, rola procesów resuspensyjnych lub konieczność przyjmowania ciężaru objętościowego osadu nasyconego wodą. Być może odzwierciedleniem omawianych zagadnień są raczej ostrożne sformułowania, jeśli chodzi o kubaturę, a nawet miąższość osadów dennych sztucznych zbiorników wodnych. Stwierdzenia te pozbawione są konkretnych liczb i wskazują jednoznacznie szacunkowość rozważań, być może właśnie dlatego, że traktują o zgoła odmiennych zagadnieniach, jak np. zanieczyszczeniu wody, cechach jakościowych osadów dennych, ochronie środowiska, a prace traktujące o zbiornikach wodnych omawianych w niniejszej publikacji są zdecydowanie nieliczne i dotyczą przede wszystkim zbiornika Kozłowa Góra (Reczyńska-Dutka, 1984; Szilman i in., 1995; Ryborz-Masłowska i in., 2000).

W związku z powyższym najprostszym rozwiązaniem jest odwołanie się do wyników obliczeń kubatury osadów dennych przeprowadzonych na podstawie metody Gonczarowa (1962), wykorzystywanej bardzo często w wielu pracach z zakresu geomorfologii (Łajczak, 1986, 1995; Jaguś, 2000; Jaguś, Rzętała, 2000 i inni):

$$Z_t = V_o[1 - (1 - Z_R/V_o)^t],$$

gdzie:

$Z_t$  – wielkość zamulenia (załadowania) po czasie  $t$  lat [mln m<sup>3</sup>],

$V_o$  – objętość początkowa zbiornika przy normalnym poziomie piętrzenia wody [mln m<sup>3</sup>],

$Z_R$  – wielkość średniego rocznego załadowania w mln [m<sup>3</sup>/rok].

Jedyną wartość wymagającą obliczenia w formule Gonczarowa (tzn.  $Z_R$ ) można wyznaczyć na podstawie metody Stonawskiego (*Badania...*, 1989), którą autor ten opracował na podstawie wieloletnich badań załadowania zbiorników wodnych w dorzeczu górnej Wisły. Do badanego obszaru metoda ta została zaadaptowana przez hydrotechników. Wyniki swoich spostrzeżeń wspomniany autor określił następującą formułą:

$$Z_R = 0,01 \cdot V_o \cdot \exp(0,12 - 0,17 \cdot V_o/SSQ),$$

gdzie:

$Z_t$  – wielkość zamulenia (załadowania) po czasie  $t$  lat [mln m<sup>3</sup>],

$V_o$  – objętość początkowa zbiornika przy normalnym poziomie piętrzenia wody [mln m<sup>3</sup>],

$Z_R$  – wielkość średniego rocznego załadowania [mln m<sup>3</sup>/rok],

$SSQ$  – średni roczny przepływ w przekroju zapory [m<sup>3</sup>/s].

Tabela 10

Szacunkowe zamulenie wybranych zbiorników wodnych  
na Wyżynie Śląskiej i jej obrzeżach w okresie  
dotychczasowej eksploatacji

Nazwa zbiornika	Powierzchnia zlewni [km <sup>2</sup> ]	Zamulenie misy w okresie eksploatacji		
		[mln m <sup>3</sup> ]	[%]	[m <sup>3</sup> /rok]
Pogoria III	23,5	0,014	0,2	524
Przeczycze	286,3	0,962	5,4	26 710
Świerklaniec	179,2	0,981	7,5	16 716
Dzierżno Duże	530,0	1,989	2,3	55 868

Przeprowadzone na tej podstawie obliczenia dają przybliżony obraz dotychczasowego wypełnienia misy (tab. 10). Kubatura tych osadów świadczy o zamuleniu wynoszącym: 0,2% pojemności misy – Pogoria III; 5,4% – Przeczycze; 7,5% – Świerklaniec, a Dzierżno Duże – 2,3%, przy czym największe tempo zamulania jest znamienne dla Dzierżna Dużego, a następnie: Przeczyc, Świerklańca, Pogorii III. Odzwierciedleniem danych wartości są również wielkości odnoszące się do średnich rocznych wielkości załadownienia. Obliczona według nich średnia miąższość osadów dennych w przeliczeniu na powierzchnię obiektów dla poszczególnych zbiorników wynosi: nieco ponad 0,3 m dla Dzierżna Dużego, o jedną trzecią mniej dla Przeczyc i Świerklańca oraz zaledwie kilka centymetrów dla Pogorii III.

Osady dennie występują niezwykle rzadko w obrębie wyniesień dna misy oraz partii przybrzeżnych zbiorników, a głęboczki wypełniają osady o miąższości nawet kilku metrów. Są to prawidłowości występujące we wszystkich zbiornikach wodnych, a odrębności wiążą się przede wszystkim z konfiguracją dna mis jeziornych oraz wynikami makroskopowych ocen osadów dennych.

We wszystkich zbiornikach miąższość osadów dennych jest zróżnicowana w strefie kontaktu wód jeziornych z wodami rzecznyymi. Następująca tam akumulacja rumowiska kształtuje miąższość osadów w sposób uzależniony od wielkości (możliwości transportu rumowiska) i charakteru (skoncentrowana struga, ciek o cechach anastomozujących) przepływu. Nie bez znaczenia są wahania stanów wody w zbiornikach, ponieważ od nich z kolei zależy miejsce ostatecznej depozycji rumowiska (dalej lub bliżej środka jeziora). Najwyraźniejszy zapis w rzeźbie i osadach mają delty w przypadku dopływów do zbiornika Dzierżno Duże, a w zdecydowanie mniejszym stopniu są czytelne dla Czarnej Przemszy

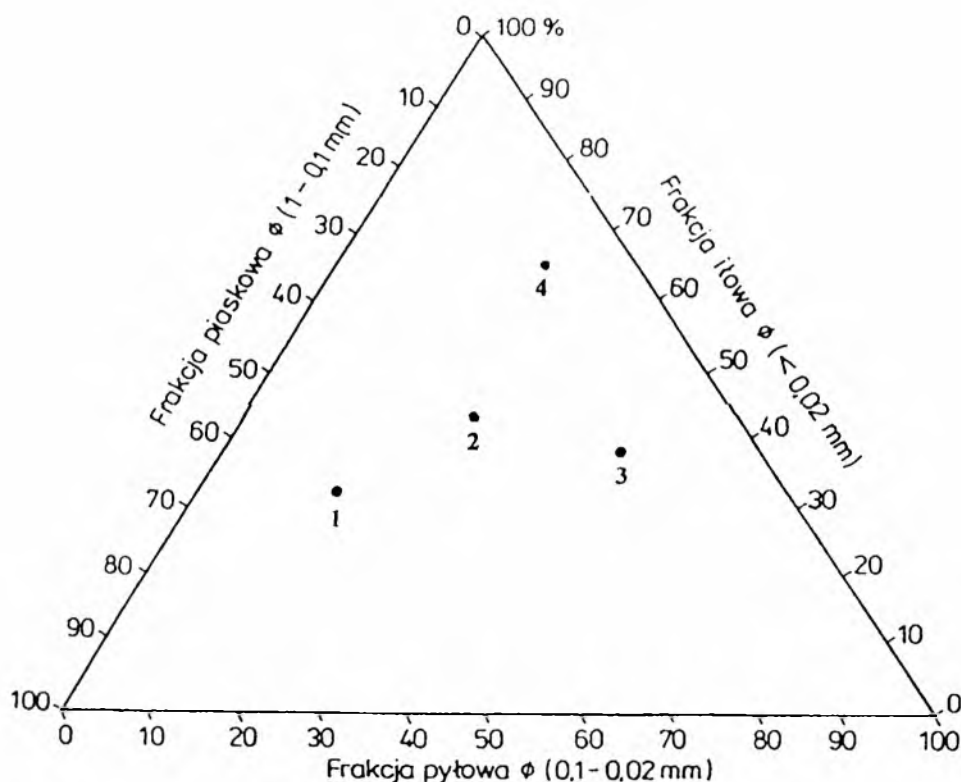
wpływającej do zbiornika Przeczyce. Trudno wskazać wyraźne formy dla pozostałych analizowanych jezior w rejonach powierzchniowej alimentacji, aczkolwiek dopływy znajdują odzwierciedlenie przede wszystkim w uziarnieniu osadów tych stref.

Na wyniesieniach można spotkać kilkucentymetrowej miąższości warstwy osadów mulistych podścielonych osadem wymieszonym z materiałem piaszczystym podłoża – to prawidłowość w odniesieniu do zbiorników popiaskowych. Głęboczki i lokalne przegłębienia dna mis (częste w przypadku zbiorników poeksploatacyjnych) zajmowane są nawet w całości przez wypełnienia osadami. W strefie przybrzeżnej zbiorników Pogoria III oraz Dzierżno Duże osady denne są produktami procesów abrazyjnych zakumulowanymi u podnóża platform abrazyjnych w postaci systemu odsypisk nawiązujących do wcześniejszych poziomów piętrzenia. Mają barwę ciemnobeżową i wyraźnie odróżniają się od czarnych mulistych osadów zalegających głębiej. Właściwe głębokowodne osady denne zalegają w strefach głęboczków, a więc w pasie o kilkusetmetrowej szerokości dna nawiązującego do podłużnej osi zbiornika Dzierżno Duże oraz w strefie największych głębokości zbiornika Pogoria III, zgodnych z linią o przebiegu W-E wraz z odgałęzieniami w kierunku północnym i południowym.

Przestrzenny rozkład miąższości osadów dennych zbiorników zaporowych jest mniej zróżnicowany i wynika z tego, że obecnie zalane dno dawnych dolin rzecznych jest bardziej wyrównane, a zatopione ich zbocza posiadają łagodne spadki lub stanowią krawędź zbiorników. Dodatkowym czynnikiem limitującym „równomierny” przyrost osadów dennych – np. we wschodniej części zbiornika Przeczyce – jest roślinność porastająca całość powierzchni osuszonej przy niskich stanach wody. Nie bez znaczenia jest również czas funkcjonowania obiektów i intensywność przebiegu tzw. zjawisk miktycznych oraz możliwości aktywacji osadów dennych w czasie ich trwania. Możliwości reaktywacji zdeponowanych osadów dennych w czasie intensywnego mieszanania wód jeziornych bardzo często prowadzą do towarzyszących im przemian chemicznych, na co zwraca uwagę R.J. Wiśniewski (1994).

## 4.2.2. Skład mechaniczny

Charakterystyka składu granularnego osadów dennych wymaga odrębnego omówienia w odniesieniu do każdego z analizowanych zbiorników wodnych, ponieważ przemawia za tym fakt różnicowania wyników badań (rys. 27) oraz istnienia rozmaitych odrębnych uwarunkowań środowiskowych mających decydujący wpływ na kształtowanie ich pokryw. W charakterystyce składu mechanicznego zaadaptowano, na potrzeby niniejszego opracowania, kryteria wydzielenia utworów zgodnie z klasyfikacją składu mechanicznego gleb według PN-78/9180-11, którą opisuje chociażby E. Myślińska (1998). Zastosowanie tego podziału w analizie uziarnienia może się wydawać kontrowersyjne, ale odnoszenie wyników badań do typologii klasycznych osadów dennych opisywanych



**Rys. 27.** Uśrednione wyniki badań składu mechanicznego osadów dennych wybranych zbiorników wodnych

1 - zbiornik Pogoria III, 2 - zbiornik Przeczycze, 3 - zbiornik Kozłowa Góra, 4 - zbiornik Dzierżno Duże



obszernie w wielu pracach (np. Lindner, 1992; Tobolski, 1995) powoduje liczne niejasności w kontekście antropogenicznego obciążenia obiektów oraz bardzo krótkiego okresu funkcjonowania zbiorników wodnych. Ponadto bardzo duże powierzchnie stref litoralnych oraz niejednokrotnie dna właściwego w okresach niskich stanów wody są odsłaniane w całości. W niektórych latach powierzchnie te porastała roślinność, która wpływała na rozwój gleby. Kolejnym powodem są duże powierzchnie strome, praktycznie pozbawione typowych osadów dennych. Ostatni motyw argumentacji dotyczy części zbiorników, które kilka lub kilkanaście lat temu, rzadko kilkadziesiąt lat, były np. użytkami rolnymi.

W zbiorniku Pogoria III uziarnienie osadów dennych charakteryzuje się dosyć dużym zróżnicowaniem frakcyjnym. Spośród próbek poddanych oznaczeniom składu mechanicznego zdecydowaną większość cechowała dominacja frakcji piaszczystych (nawet do 74%), w nielicznych natomiast przeważały cząstki ilaste osiągając nieco ponad 50% masy badanego osadu, a udział frakcji pylastych kształtował się na poziomie od kilku do kilkunastu procent. Po uśrednieniu wyników dla całego obiektu można stwierdzić, że zawartość frakcji piaszczystych wynosi około 53%, pylastych – około 14%, a ilastych – około 33%. Zgodnie z kryteriami wydzielenia utworów według klasyfikacji składu mechanicznego gleb, opracowanej zgodnie z PN-78/9180-11, można stwierdzić, iż osady denne charakteryzowanego obiektu odpowiadają glinom średnim, lekkim pylastym i piaszczystym, a względem uśrednionych wyników – glinom lekkim. Frakcje piaszczyste dominowały zwłaszcza w próbach reprezentujących strefy przybrzeżnych obszarów akumulacyjnych (gdzie deponowane są produkty dostarczane z części wybrzeży o intensywnym przebiegu procesów brzegowych) oraz niektóre fragmenty powierzchni dna przyległego do ujściowego odcinka cieku Pogoria do zbiornika Pogoria III. Ciek alimentujący zbiornik charakteryzuje się dostawą do zbiornika frakcji piaszczystych pochodzących z erozji piaszczystych fragmentów jego powierzchni korytowych i przykorytowych powyżej zbiornika. Dostarczany materiał piaszczysty jest deponowany w zbiorniku wraz z unosinami genetycznie związanymi z ciekim zasilającym. Strefa depozycji jest dosyć szeroka, ponieważ zwłaszcza w przeszłości zdarzały się obniżenia zwierciadła wody w zbiorniku o ponad metr, co w praktyce oznacza przemieszczenie akumulacji materiału rumowiskowego ze strefy przybrzeżnej w głąb zbiornika nawet o kilkaset metrów. Zmiany poziomu zwierciadła wody w zbiorniku powodowały zmianę bazy

erozyjnej, a w konsekwencji wtórne przemieszczenia osadów dennych i frakcjonalne wymieszanie materiału genetycznie już związanego ze zbiornikiem. Frakcje piaszczyste dominują również w osadach dennych tych partii zbiornika, które miejscowo odznaczają się dużym nachyleniem ścian dawnej odkrywki. Następuje tam zdecydowanie częstsze i intensywniejsze przemieszczanie materiału występującego na powierzchni dna, co wywołuje głównie pionową i poziomą cyrkulację masy wodnej. Wymieszaniu osadów dennych sprzyjają również występujące w dnie wypływy wód podziemnych, o których wspomina M. Rzętała (1993, 1996). Z relacji nurków wynika, iż otoczenie strefy wypływów wód podziemnych można uznać za specyficzne źródło rozrzutu materiału piaszczystego (genetycznie związanego z podłożem misy zbiornika), którego zasięg zależy od aktualnego kierunku i intensywności poziomej lub pionowej cyrkulacji masy wodnej. Z kolei frakcje ilaste dominowały przede wszystkim w izolowanych zagłębieniach misy jeziornej oraz głęboczku. Można przypuszczać, że dzieje się tak, ponieważ morfologiczną domeną tych miejsc jest przewaga akumulacji materiału genetycznie związanego z tonią wodną (unosiny), a dostawa materiału rumowiskowego w postaci wleczyn i toczyn oraz materiału pochodzącego z bezładnych przemieszczeń w obrębie dna dawnej odkrywki eksploatacyjnej jest wyraźnie ograniczona.

Zupełnie odmienny pod względem granulacji typ utworów dennych występuje na obszarze zbiornika zaporowego Przeczyce. Jest podzielony na dwie bardzo wyraźne części, które można rozdzielić umownie poprowadzoną około 250 m na wschód od jedynej wyspy linią o przebiegu S–N, prostopadłą do osi zbiornika. Na wschód od tej linii rozciąga się strefa dna zbiornika odsłaniana w okresach niskich stanów wody. W takich sytuacjach Czarna Przemsza płynie przez wschodnią część zbiornika swym dawnym korytem, odpreparowanym i wciętym w pierwotne dno doliny. Obniżeniu zwierciadła wody w zbiorniku towarzyszy intensywny rozwój życia biologicznego utożsamiany z wkraczaniem roślinności trawiastej (w strefie właściwej cofki dodatkowo krzewiastej). Częstki obumarłej roślinności wzbogacają podłoże i niewątpliwie przyczyniają się do intensyfikacji procesów glebotwórczych na podłożu odpowiadającym składem mechanicznym szerokiemu spektrum podgrup piasków – od luźnych po gliniaste; utwory miejscami są słabo szkieletowate. Przeprowadzone badania dowodzą, że w tej części zbiornika akumulowany jest materiał frakcji piaszczystych, w strefie cofki przede wszystkim w okresach wy-

sokiego piętrzenia, a w czasie niskich stanów wody bliżej wyspy. Materiał o znacznym udziale frakcji pylastych i ilastych o cechach mułu również jest spotykany, ale tylko lokalnie w niewielkich, odizolowanych zagłębieniach urozmaicających monotonną, płaską powierzchnię dna tej części zbiornika. Na południowy zachód od wspomnianej linii mamy do czynienia z osadami piaszczystymi w strefach przybrzeżnych (piaski od luźnych po słabo gliniaste pylaste) i gliniastymi na większych głębokościach wzdłuż osi zbiornika. Te ostatnie jako właściwe osady limniczne tej części zbiornika pod względem uśrednionego składu mechanicznego odpowiadają glinom średnim pylastym (frakcje: piaszczysta – 30%, pylasta – 27%, cząstki spławialne – 43%). Należy podkreślić fakt dużego (beładnego o cechach epizodyczności) zróżnicowania frakcyjnego tych osadów, czego przyczyną mogło być intensywne mechaniczne oddziaływanie na osady wywołane turbulencyjnym ruchem wody inicjowanym przepływem łodzi motorowych.

Zbiornik Kozłowa Góra (Świerklaniec) pod względem średniego składu mechanicznego osadów dennych charakteryzuje się zbliżonym typem utworów. Uśredniając uzyskane wyniki badań należy stwierdzić, że frakcje piaszczyste osiągają zaledwie 15% całkowitej masy badanych próbek, na cząstki pylaste przypada około 47%, a ziarna odpowiadające rozmiarom iłów stanowią 38%. Taki skład odpowiada uziarnieniu glin średnich pylastych. Zaznaczyć należy, iż wyniki analiz poszczególnych próbek charakteryzują się dużym zróżnicowaniem pod względem proporcji wymienianych frakcji. Stwierdzono, iż nie bez znaczenia jest miejsce poboru próbek w omawianym płytkim zbiorniku zaporowym, bardzo wyraźnie zróżnicowanym pod względem przestrzennego rozmieszczenia osadów dennych. W strefie cofkowej akwenu spotyka się głównie utwory o przewadze frakcji piaszczystych, aczkolwiek materiał zawiera bardzo duże ilości osadu organicznego związanego genetycznie z występującymi tam pierwotnie torfami, a obecnie z bujną roślinnością. Istnieją przesłanki, aby w osadach zalegających w środkowej części czaszy zbiornika w dalszym ciągu wyróżniać znaczący udział frakcji piaszczystych, chociaż za dominującą frakcją należy uznać cząstki pylaste oraz spławialne (ił). Z kolei południowej części omawianego obiektu, w strefie bezpośrednio sąsiadującej z zaporą, dominacja iłów w osadach dennych jest bardzo wyraźna. Opisane wcześniej zróżnicowanie uziarnienia osadów dennych tylko częściowo odpowiada wynikom przytoczonym przez E. Zaczyńskiego (1958). Autor ten bowiem wyróżnił następujące strefy występowania osadów dennych,

wyliczając od cofki do upustu dennego w zaporze czołowej: osady organiczne, piaski, muł z domieszką piasku, muł czarny koloidalny, muł mazisty.

Omawiając skład mechaniczny osadów dennych zbiornika Dzierżno Duże należy podkreślić, iż charakterystyka ta dotyczy przede wszystkim dwóch odrębnych środowisk sedymentacyjnych. Pierwsze to strefa kontaktu wód potamicznych z wodami limnicznymi, w zależności od poziomu piętrzenia rozciągająca się od uznawanej za początek zbiornika kaskady wlotowej do odległości nawet nieco ponad 1 km w kierunku zachodnim. W strefie tej, znajdującej się we wschodnim sektorze zbiornika (dopływ Kłodnicy), utworzyła się znacznych rozmiarów delta zbudowana w przeważającej części z odpowiadającego frakcji żwirowej miazgu węglowego i materiału pościekowego dostarczanego Kłodnicą. Drugim środowiskiem jest strefa dna właściwego będąca powierzchnią akumulacji drobnofrakcyjnych osadów pozbawionych frakcji żwirowej. Uśredniony skład mechaniczny odpowiadający glinom ciężkim świadczy o znikomym udziale frakcji piaszczystych (około 11%), zdecydowanie większej obecności cząstek pylastych (około 24%) i zdecydowanej dominacji części ilastych (około 65%) oraz dowodzi istnienia skutecznej, a także kompleksowej akumulacji toczyn i wleczyn w strefie pierwszego z omówionych środowisk sedymentacyjnych. Niewątpliwie tak dużemu udziałowi cząstek ilastych w głębokowodnych osadach dennych zbiornika Dzierżno Duże sprzyja wysoki poziom zanieczyszczenia Kłodnicy odwadniającej zachodnią część silnie zurbanizowanej i uprzemysłowionej – wyróżnionej przez J. Runego i T. Zadroźnego (1989) – konurbacji katowickiej. Konieczności wyróżnienia odmienności omówionych wyżej środowisk sedymentacyjnych dowodzi zapis w rzeźbie i osadach delty utworzonej w warunkach zmiennego piętrzenia. Występuje tutaj sytuacja podobna do charakteryzowanej w przypadku zbiornika Pogoria III, aczkolwiek strefa potencjalnej depozycji w Dzierżnie Dużym jest niezwykle szeroka (osiąga blisko 1/4 długości zbiornika), ponieważ wahania zwierciadła wody w zbiorniku rokrocznie osiągające kilka metrów, w praktyce oznaczają przeniesienie akumulacji materiału rumowiskowego ze strefy przybrzeżnej w głąb zbiornika nawet o ponad kilometr.

### 4.2.3. Skład i właściwości fizykochemiczne

Wody jeziorne są środowiskiem bardzo labilnym pod względem składu chemicznego. Dotyczy to zwłaszcza przepływowych zbiorników wodnych i to niezależnie od tempa wymiany wody w misie jeziornej. Tym samym monitoring wód pod względem zmienności właściwości fizykochemicznych wymaga ciągłości oraz systematyczności. Analiza składu chemicznego oraz ocena właściwości fizykochemicznych osadów dennych w sposób pośredni lub bezpośredni daje odpowiedzi na temat środowiska geograficznego zlewni i tzw. jakości jeziora. Informacje uzyskane w drodze analiz osadów dennych dokumentują również pośrednio skuteczność procesów sedymentacyjnych występujących w zbiorniku wodnym.

Podstawowych informacji na temat właściwości chemicznych dostarczają wyniki analiz powszechnie wykorzystywanych w badaniach geomorfologicznych. Należą do nich dane dotyczące odczynu osadów oraz węglanu wapnia (tab. 11).

Pod względem wartości wskaźnika pierwszego z wymienionych zdecydowanie wyróżnia się zbiornik Świerklaniec, posiadając najniższe pH osadów dennych spośród oznaczanych próbek. Stosunkowo kwaśny odczyn osadów dennych tego zbiornika może być rezultatem różnorodnych uwarunkowań pozostających w konflikcie z litologią wyższych partii zlewni. Po pierwsze – sprzyja mu zaleganie w podłożu misy jeziornej, a dawnym dnie doliny holocénskich utworów torfiastych. Po drugie – wszystkie dopływy powierzchniowe do zbiornika prowadzą swe wody przez tereny sprzyjające obniżeniu odczynu wody (nieużytkowane łąki, zatorfienia, lasy mieszane). Po trzecie – strefę cofkową zbiornika porasta bujna roślinność wodna powodująca obniżenie odczynu wód dopływu średnio w okresie prowadzenia badań o około pół jednostki skali pH. Mimo że wody dopływające do zbiornika charakteryzują się odczynem zbliżonym do obojętnego lub słabo alkalicznego, to uwarunkowania, o których mowa, mogą mieć istotne znaczenie zwłaszcza w odniesieniu do rozkładu materii organicznej. Ma on szczególne znaczenie w okresach zahamowanego rozwoju życia biologicznego, co wobec rozległości powierzchni zajmowanych przez roślinność w północnej części zbiornika może być zasadniczym argumentem słabo kwaśnego odczynu osadów dennych, zwłaszcza że osady denne w tej strefie zbiornika cechowało wyraźnie niższe pH niż stwierdzone w części południowej. Dowodzi to niewspółmiernie większego wpływu najbliższego otoczenia

Tabela 11

Odczyn i zawartość węglanu wapnia w osadach  
dennych wybranych zbiorników wodnych

Nazwa zbiornika	Zakres	Odczyn [pH]	Węglan wapnia [%]
Pogoria III	minimum	7,55	1,70
	średnia	7,66	2,57
	maksimum	7,82	3,10
Przeczyce	minimum	6,42	0,00
	średnia	6,81	2,85
	maksimum	7,04	6,65
Świerklaniec	minimum	5,00	0,00
	średnia	5,74	0,00
	maksimum	6,21	0,00
Dzierżno Duże	minimum	6,60	0,00
	średnia	6,72	0,00
	maksimum	7,01	0,00

zbiornika na kształtowanie odczynu osadów dennych i stosunkowo niewielkiego znaczenia górnej partii zlewni w tym procesie. Odczyn osadów dennych pozostałych zbiorników wodnych można uznać za zbliżony do obojętnego, aczkolwiek i w tych przypadkach zaznacza się wyraźne różnicowanie poszczególnych obiektów. Nieznacznie kwaśny odczyn stwierdza się w zbiorniku Przeczyce, co dyktować mogą podobne uwarunkowania, jak przedstawione dla zbiornika Świerklaniec. Mniej wyraźne są przy tym różnice w pH między częścią wschodnią zbiornika a strefą przyzaporową. Zbliżone wartości uzyskuje się w odniesieniu do zbiornika Dzierżno Duże, aczkolwiek trudno mówić o jakiegokolwiek stałości uwarunkowań środowiskowych. Zlewnia – jak już wielokrotnie wcześniej wspomniano – zatraciła bowiem cechy zlewni naturalnej, a co za tym idzie, wszelkie naturalne uwarunkowania zostały zastąpione antropogenicznymi, których istotą jest tendencja zobojętniająca. Pewne zaskoczenie stanowią wartości odczynu osadów dennych zbiornika Pogoria III wobec usytuowania misy w piaszczystym materiale otoczenia. Kwaśnego odczynu wody można by się spodziewać również ze względu na znaczny udział w osadach ziaren frakcji piaszczystych. Tymczasem słabo alkaliczny charakter osadów to zapewne rezultat obecności węglanu wapnia w środowisku limnicznym. Nie bez znaczenia jest lekko zasadowy odczyn wód zbiornika oraz zasilanie cieków w zlewni

Pogorii powyżej zbiornika Pogoria I wodami z osadów czwartorzędowych, a także ze starszych wiekowo utworów węglanowych (Czyłok i in., 1998).

Komentując rezultaty oznaczeń zawartości węglanu wapnia należy stwierdzić, że pewnym zaskoczeniem jest brak tej substancji w osadach dennych zbiornika Świerklaniec wobec kilkuprocentowej obecności w osadach zbiornika Przeczyce. Przyczyn podobnego charakteru litologicznego utworów budujących ich zlewnie oraz porównywalnego użytkowania zlewni należy się dopatrywać w przemianach chemicznych i biochemicznych likwidujących obecność tej substancji, co jest możliwe zwłaszcza wobec występowania bujnej roślinności wodnej i przybrzeżnej w cofkowej i wschodniej strefie zbiornika Kozłowa Góra. Nie dziwi brak śladu osadów węglanowych w zbiorniku Dzierżno Duże zasilanym bardzo zanieczyszczonymi wodami Kłodnicy. Obecność omawianej substancji w zbiorniku Pogoria III niewątpliwie można łączyć z istnieniem antropogenicznej więzi hydraulicznej (odwierty) między wodami triasowych utworów podłoża i wodami powierzchniowymi w źródłowej części zlewni Pogorii (Czyłok i in., 1998). Kolejnymi przesłankami odnośnie do zasobności osadów dennych w węglan wapnia są wyniki badań zawartości węglanów w wodach omawianych zbiorników. Większość w różnym stopniu zeutrofizowanych zbiorników wodnych – w tym badane obiekty – alkalizująco wpływają na wody przepływających cieków w relacji dopływ – odpływ (Rzętała, Wach, 1999). Jest to rezultat procesów asymilacyjnych, które – jak podaje R. Gołębiewski (1993) – szybko zachodzą latem, a towarzyszący im przyrost biomasy (fitoplanktonu) niezwykle dynamiczny w środowisku wód jeziornych prowadzi do wyczerpania rozpuszczonego dwutlenku węgla. Zanik tego gazu w rezultacie fotosyntezy flory wodnej powoduje zachwianie równowagi węglanowej i przemiany biochemiczne prowadzące do wystąpienia jonu  $\text{CO}_3^-$  nie spotykanego w czasie zimy. Może się to przyczyniać do wzbogacenia osadów dennych w węglan wapnia. Warto zauważyć, że w wodzie zbiornika Dzierżno Duże jon  $\text{CO}_3^-$  w czasie prowadzonych badań nigdy nie występował, co koresponduje z brakiem węglanu wapnia w osadach dennych, a alkalizujący wpływ zbiornika jest pochodną transformacji hydrochemicznej zanieczyszczonych wód rzecznych lub chemicznego oddziaływania korytowego osadu pościekowego (Rzętała, Wach, 1999).

Ciekawy materiał informacyjny uzyskano ponadto z przeprowadzonych analiz mineralogiczno-petrograficznych, których wy-

niki potwierdzają omawiane spostrzeżenia dotyczące składu osadów (tab. 12). Przykładem mogą być zróżnicowane dane dotyczące dwutlenku krzemu występującego w przyrodzie w dużych ilościach. Najwięcej krzemionki stwierdzono w zbiorniku Pogoria III, a najmniej w zbiorniku Dzierżno Duże. Diametralnie odmienne wartości stwierdzono w przypadku strat prażenia – duże dla próbek osadów dennych zbiornika Dzierżno Duże i małe dla próbek osadów dennych zbiornika Pogoria III. Jest to odzwierciedlenie obecności znacznych ilości węgla i osadu pościekowego w osadach dennych Dzierżna Dużego i niewielkiej żyzności osadów dennych zbiornika Pogoria III. W odniesieniu do zbiornika Kozłowa Góra straty prażenia wskazują na zdecydowanie mniejszy zakres zróżnicowania przestrzennego występowania substancji organicznych niż wynikałoby to z opracowania dokumentacyjnego zbiornika (*Report...*, 1997). Zgodnie z tym raportem ilość materii organicznej w osadach dennych zbiornika Kozłowa Góra średnio zawiera się w granicach od blisko 1% do nieco ponad 49% powietrznie suchego osadu. Natomiast osady głębokiej toni akwenu miały w swoim składzie od 0,98% do 12,3% materii organicznej, a w strefie cofki – około 19% tego rodzaju materiału. Równie wysokim udziałem substancji organicznych cechują się osady zatok zasilanych ważniejszymi dopływami powierzchniowymi. Jeszcze inny zakres występowania substancji organicznych (5–34,2%) w osadach dennych omawianego zbiornika wskazują dane uzyskane przez S. Ryborz-Masłowską i in. (2000).

Pozostałe wyniki oznaczeń na ogół nie różnią się zasadniczo, tym niemniej są przypadki zasługujące na krótki komentarz ze

Tabela 12

Zawartość wybranych substancji w osadach dennych  
wybranych zbiorników wodnych (w %)

Nazwa zbiornika wodnego	Za- kres	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	MnO	MgO	CaO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	TiO <sub>2</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	Strata praże- nia
Pogoria III	min.	61,25	7,91	2,83	0,068	1,59	2,74	0,41	1,91	0,78	0,09	7,78
	max.	70,68	14,23	5,64	0,094	1,85	4,43	0,75	2,61	0,83	0,13	10,77
Przeczyce	min.	37,66	7,76	4,58	0,080	0,78	6,13	0,29	1,17	0,45	0,20	19,89
	max.	53,10	8,60	6,32	0,210	1,88	9,98	0,41	1,61	0,60	0,72	33,78
Świerkla- niec	min.	51,11	8,08	3,49	0,070	0,40	1,35	0,39	1,23	0,52	0,29	23,84
	max.	60,36	8,38	6,08	0,100	0,60	2,41	0,54	1,31	0,56	0,31	27,49
Dzierżno Duże	min.	27,96	11,01	5,55	0,060	1,67	1,83	0,43	1,50	0,44	0,98	43,44
	max.	31,73	11,03	5,80	0,070	1,70	2,35	0,62	1,53	0,49	1,09	46,79



względem na odbiegające od tego wizerunku wartości. Komentarz ten można uznać za zasadny jedynie w odniesieniu do tych substancji, których zawartości wyróżniają się jednoznacznie na tle analogicznych danych dla innych zbiorników. Ostrożność tego typu dyktuje stosunkowo niewielka liczba próbek, w których wykonano oznaczenia składu chemicznego.

Do takich substancji należy tlenek wapnia. Jego znacząco wyższa (nawet ponad 3-krotnie) zawartość w osadach dennych zbiornika Przeczyce w odniesieniu do pozostałych obiektów (zwłaszcza zbiornika Świerklaniec o podobnej budowie geologicznej obszaru zasilania) może sugerować występowanie na terenie zlewni wielu odrębności. Substancja jest wykorzystywana w wyrobie zaprawy murarskiej, cementu, karbidu oraz stosowana w leśnictwie (środek owadobójczy), rolnictwie (zmniejszanie zakwaszenia gleby), garbarstwie itp. Można zatem przypuszczać, że osady dennie omawianego zbiornika są indykatorem tych form działalności. Najbardziej prawdopodobny jest związek podwyższonej zawartości  $\text{CaO}$  z funkcjonującą do niedawna na terenie zlewni na skalę przemysłową cementownią.

Ciekawych informacji dostarczyły również wyniki badań wykonanych pod kątem zawartości w tychże osadach pierwiastków śladowych (tab. 13). Przedmiotem badań były osady o średnicy mniejszej niż 0,063 mm, co można uważać za reprezentatywną frakcję dla tego typu ocen, o czym z kolei może świadczyć stosunkowo dużo prac naukowych prezentujących podobne podejście w tym względzie (Klimek, 1995; Kocel, 1997; Ciszewski, 1992 i inni). Dla przejrzystości rozważań podjęto decyzję o odnośzeniu uzyskanych wyników badań do poziomów uznawanych za naturalne (wartości tła geochemicznego), które zostały określone przez A. Kabatę-Pendias i H. Pendiasa (1993). Wyjaśnienia wymaga fakt uwzględnienia w zakresie tła geochemicznego szerokiego spektrum wartości jako wypadkowej naturalnych zawartości w trzech – wyróżnionych przez wspomnianych autorów – rodzajach skał osadowych, tzn. piaszczystych, ilastych i węglanowych. Biorąc pod uwagę uziarnienie omawianych osadów dennych najkorzystniejszym odniesieniem byłoby tło geochemiczne utworów ilastych. Jednak znaczący udział utworów piaszczystych oraz węglanowych w litologii zlewni zbiorników wodnych skłania do rozszerzenia zakresu tła geochemicznego analizowanych pierwiastków śladowych również o wartości odpowiadające tym utworom. Dzięki przyjętemu postępowaniu uzyskuje się obraz nieco ogólny, lecz bardziej wiarygodny z uwzględnieniem szero-

Tabela 13

Średnia zawartość niektórych pierwiastków w osadach dennych  
wybranych zbiorników wodnych (w ppm)

Pierwiastek		Tło geochemiczne (skały osadowe)*	Nazwa zbiornika wodnego			
nazwa	symbol		Pogoria III	Przeczyce	Świerklaniec	Dzierżno Duże
Antymon	Sb	0,03–2,00	1,30	3,47	3,30	6,70
Arsen	As	1,0–13,0	10,7	25,7	41,0	22,0
Bar	Ba	50–800	432,7	493,3	1080,0	1230,5
Beryl	Be	0,2–6,0	1,67	2,00	2,50	2,00
Brom	Br	1–10	2,0	12,7	10,5	6,0
Cer	Ce	7–90	91,3	61,3	64,0	56,0
Cez	Cs	0,5–10,0	8,6	7,3	5,1	8,9
Chrom	Cr	5–120	104,7	78,3	74,0	123,0
Cynk	Zn	10–120	185,7	1282,3	1729,0	512,5
Cyrkon	Zr	20–220	484,7	381,7	352,5	105,0
Europ	Eu	0,2–2,0	1,53	1,00	1,10	1,00
Hafn	Hf	–	13,6	9,7	9,8	3,8
Itr	Y	4–50	36,0	26,0	28,5	23,5
Kadm	Cd	0,05–0,35	0,93	11,70	18,05	9,30
Kobalt	Co	0,1–20,0	15,7	14,3	16,0	22,5
Lantan	La	4–90	42,8	31,7	33,2	28,3
Lutet	Lu	0,2–1,2	0,70	0,47	0,48	0,34
Miedź	Cu	2–60	20,0	33,0	60,0	60,5
Neodym	Nd	4,7–41,0	38,7	25,0	26,0	21,5
Nikiel	Ni	5–90	33,7	27,0	26,5	33,0
Ołów	Pb	3–40	51	599	479	88
Rubid	Rb	5–200	112,3	65	58,5	78
Samar	Sm	1,3–22,1	7,3	5,3	5,7	5,2
Skand	Sc	0,5–15,0	11,6	7,8	8,5	10,9
Srebro	Ag	0,050–0,250	1,00	0,83	0,60	1,25
Stront	Sr	20–600	105,7	109,3	100,0	218,5
Terb	Tb	0,2–2,0	0,9	0,6	0,6	0,65
Tor	Th	1,7–12	13,37	8,70	9,35	9,60
Uran	U	0,45–4,00	3,97	3,07	5,30	3,65
Wanad	V	10–130	86,7	53,7	66,0	82,5
Złoto	Au	0,002–0,007	0,010	0,014	0,013	0,068

Objaśnienia: – oznacza brak danych; \* przy terminie „tło geochemiczne” oznacza wartości podawane dla wszystkich rodzajów skał osadowych wymienianych przez A. Kabatę-Pendias i H. Pendiasa (1993); cyfry pogrubione oznaczają przekroczenie tła geochemicznego dla skał osadowych.

kiego spektrum środowiskowych uwarunkowań zlewni. Nie zmienia to faktu, że przytoczone (tab. 13) wyniki oznaczeń pierwiastków śladowych należy traktować jako punkt wyjścia do ustalenia dalszych kierunków badań szczegółowych osadów dennych.

Analizując zestawienie danych dotyczące pierwiastków śladowych, na pierwszy plan wysuwa się zanieczyszczenie wszystkich rozpatrywanych zbiorników wodnych niektórymi metalami ciężkimi. Sytuację tę należy uznać nie tyle za wyjątkową, ile groźną w kategoriach ekologicznych. Metale ciężkie – jak między innymi podają J. Kozłowski i M. Kostecki (1995) – są jednymi z ważniejszych wskaźników chemicznych oddziałujących na jakość wody, ponieważ nawet w niewielkich ilościach wpływają: 1) hamując na proces biologicznego utleniania węgla organicznego, 2) na nitryfikację i denitryfikację związków azotowych, 3) na proces wiązania azotu, czy też 4) na tempo wzrostu zarówno bakterii, jak i innych organizmów wyższych. Nie można wykluczać negatywnego wpływu ich wysokich zawartości na organizmy żywe, w tym na organizm człowieka, a przecież trzy z omawianych zbiorników wodnych pełnią funkcje związane bezpośrednio ze zdrowiem szerokiej populacji użytkowników (zaopatrzenie w wodę pitną i do celów przemysłowych, rekreacja – w tym wędkowanie). Wynika z tego, że obecność metali ciężkich w osadach dennych jest indykatorem zanieczyszczenia retencjonowanych wód limnicznych, a tym samym wpływa na wzrost kosztów eksploatacji zbiorników i ich wód (konieczność zwiększenia zakresu uzdatniania lub oczyszczania wody).

Rezultaty wcześniej przeprowadzonych badań składu chemicznego oraz właściwości fizykochemicznych osadów dennych pozwalały przypuszczać, iż najbardziej zanieczyszczony przez metale ciężkie będzie zbiornik Dzierżno Duże, skoro przez wiele lat odgrywał rolę osadnika dla wód Kłodnicy. Wskazywały na to liczne prace (Janosz-Rajczyk, 1993; Rzętała, 2000a; Kostecki, 2000 i inni) oraz uzyskane w Okręgowej Dyrekcji Gospodarki Wodnej w Gliwicach wyniki badań próbek osadu pobranego z koryta Kłodnicy powyżej zbiornika Dzierżno Duże, wykonanych przez Główny Instytut Górnictwa w Katowicach w 1996 roku (Rzętała, 2000a). Wynika z nich, że w składzie podstawowym występują:  $\text{SiO}_2$  (22,21–32,45%),  $\text{Al}_2\text{O}_3$  (9,51–9,55%),  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  (4,98–6,22%),  $\text{CaO}$  (3,10–3,18%),  $\text{MgO}$  (1,25–1,30%),  $\text{Na}_2\text{O}$  (0,45–0,55%),  $\text{K}_2\text{O}$  (1,14–1,28%),  $\text{SO}_3$  (1,73–2,50%),  $\text{TiO}_2$  (0,40–0,48%),  $\text{P}_2\text{O}_5$  (0,63–1,05%). Ponadto na podstawie uzyskanych wówczas danych stwierdzono (Rzętała, 2000a): wysoką wartość strat pra-

żenia (40,97–54,17%) świadczą: 1) o dużej zawartości części palnych i potwierdzającą fakt, iż przedmiot badań jest mieszaniną osadu mineralnego i osadu pościekowego; 2) o znacznym zanieczyszczeniu zawartością arsenu (51 mg/kg), kadmu (19–29 mg/kg), ołowiu (303–490 mg/kg) i cynku (1261–2232 mg/kg); 3) o zawartości wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych występującej w ilościach 9,2–77,4 mg/kg; 4) o wydzielaniu tlenu ( $O_2$ ), dwutlenku węgla ( $CO_2$ ) oraz niewielkich ilościach siarkowodoru ( $H_2S$ ) i metanu ( $CH_4$ ); 5) o wysokich stężeniach siarczanów, kadmu, manganu oraz cynku w przesączach wodnych pobranych próbek.

Tymczasem na tle wszystkich pierwiastków śladowych w sposób szczególny wyróżnia się poziom zanieczyszczenia osadów dennych trzema metalami ciężkimi: ołowiem, cynkiem oraz kadmem. Wbrew przypuszczeniom poziom zanieczyszczenia tymi metalami ciężkimi zbiornika Dzierżno Duże nie jest aż tak wysoki. Choć poziom uznawane za naturalne w przypadku tego zbiornika są przekroczone: dla ołowiu – dwukrotnie, cynku – ponadtrzykrotnie, kadmu – kilkudziesięciokrotnie, to i tak ich zawartości są niższe niż w osadach dennych zbiorników Świerklaniec i Przeczyce. W tych ostatnich z wymienionych ilości charakteryzowanych metali ciężkich są wyższe nawet kilkakrotnie od analogicznych dla Dzierżna Dużego. Wiąże się to między innymi z alimentacją tych zbiorników przez cieki odwadniające zlewnie położone w granicach cynkowo-ołowiowych obszarów rudonośnych Garbu Tarnogórskiego, a także z lokalizacją omawianych obiektów w strefie akumulacji zanieczyszczeń emitowanych przez hutnictwo rud cynku i ołowiu w Miasteczku Śląskim. Antropogeniczną dostawę metali ciężkich do osadów dennych zbiorników Świerklaniec i Przeczyce tłumaczyć mogą również wyniki badań prowadzonych przez K. Pasternaka i J. Glińskiego (1972). Wskazują one na występujące ówczesznie nieco niższe koncentracje, zwłaszcza cynku, w odniesieniu do zbiornika Świerklaniec, oraz cynku, ołowiu i niklu w przypadku zbiornika Przeczyce. Poziom występowania cynku, ołowiu i kadmu w osadach dennych Pogorii III jest najniższy i dowodzi skutecznej ochrony zbiornika przed dopływem zanieczyszczeń mimo lokalizacji w strefie uciążliwej antropopresji. Jest ona konsekwencją położenia zbiornika na wschodnich obrzeżach konurbacji szczególnie narażonych na zanieczyszczenia atmosferyczne (Leśniok, 1996 i inni) oraz bezpośredniego sąsiedztwa niezwykle uciążliwego dla środowiska kompleksu hutniczego (miedzy innymi: Kapała, 1990; Karweta, 1990; Ro-

stański, 1990). Oprócz tego te najniższe zawartości omawianych metali ciężkich w osadach Pogorii III są i tak wyższe blisko dwukrotnie od określonych przez A. Kabatę-Pendias i H. Pendiasa (1993) naturalnych zawartości tych metali w skałach osadowych (ilastych, piaszczystych, węglanowych).

Obecność wymienionych wcześniej metali ciężkich w osadach dennych zbiorników, wynikająca przede wszystkim z naturalnych i antropogenicznych uwarunkowań w zlewni, jest szczególnie groźna w kontekście sygnalizowanego od wielu lat zakwaszenia środowiska (Leśniok, 1996). Spadek zapylenia powietrza i związany z tym brak alkalizującego wpływu pyłów przekłada się na występowanie kwaśnych deszczy, przyczyniając się do dalszego zakwaszenia środowiska w zlewniach zbudowanych z utworów piaszczystych oraz zalesionych (las iglaste). Wspomniane metale ciężkie w środowisku kwaśnym są stosunkowo łatwo rozpuszczalne (Kabata-Pendias, Pendias, 1993), a uwolnione jony tworzą połączenia mineralne lub organiczno-mineralne o dużej mobilności. Można więc sądzić, że przy zasadowym odczynie osady dennie są swoistą pułapką dla tych metali ciężkich. Gorzej jest – zwłaszcza w przypadku zbiorników będących źródłem wody do celów komunalnych – gdy dochodzi do zakwaszenia środowiska, które można utożsamiać ze wzrostem mobilności metali. Problem ten odnosi się także do niektórych metali wymienionych poniżej, stanowiących ze względu na wysoki stopień tzw. bioakumulacji oraz możliwości antropogenicznego uruchamiania w środowisku kwaśnym ryzyko skażenia środowiska.

Pośród pozostałych pierwiastków występujących w ilościach nieznacznie wyższych niż przyjęte tło geochemiczne dla skał osadowych warto wskazać chrom, kobalt i miedź w osadach dennych zbiornika Dzierżno Duże. Z kolei arsen i antymon były obecne tam w ilościach co najmniej dwukrotnie wyższych od uznawanych za naturalne. Jest to niewątpliwie pochodna wysokiego stopnia antropopresji zlewni. Podobne uwarunkowania można sugerować w odniesieniu do arsenu i antymonu, które stwierdzono w osadach zbiorników Przeczyce i Świerklaniec. W przypadku arsenu oczywisty jest związek jego występowania z dominującymi frakcjami w osadach dennych. A. Kabata-Pendias i H. Pendias (1993) podają, że wszystkie związki arsenu są łatwo rozpuszczalne, ale jego migrację do hydrosfery ogranicza silna sorpcja przez materiały ilaste i substancje organiczne. Brak arsenu w osadach dennych Pogorii III można więc tłumaczyć niewielkim udziałem tych substancji. Zawartość antymonu w osadach

dennych zwłaszcza zbiornika Dzierżno Duże staje się czytelna w świetle informacji o jego mobilności oraz dużej koncentracji w węglach. Właśnie zlewnia Kłodnicy ma największą łączność z procesami wydobywania i uzdatniania tego surowca.

Ważną informacją są dane o podwyższonej zawartości uranu w osadach zbiornika Świerklaniec, pełniącego funkcję źródła wody do celów komunalnych i przemysłowych. Powinno to być przedmiotem większego zainteresowania w przyszłości, tym bardziej że zanieczyszczony zbiornik Dzierżno Duże charakteryzuje się występowaniem w osadach dennych izotopów promieniotwórczych na poziomie spotykanym w środowisku naturalnym (Tuszyński i in., 1998). Obecność srebra i złota w osadach dennych wszystkich zbiorników wodnych to ilości nie dające żadnych przesłanek do przemysłowego wykorzystania, tym niemniej zastanawiają przekroczenia górnej granicy tła geochemicznego.

### **4.3. Próba oszacowania żywotności zbiorników wodnych**

Mianem zalądowienia (zamulenia) określa się całokształt procesów morfologicznych prowadzących do stopniowego zmniejszania się pojemności zbiornika. Mimo że czas całkowitego zaniku jeziora jest nieco dłuższy niż okres używalności gospodarczej, tym niemniej zmniejszenie pierwotnej pojemności zbiornika wodnego o około 80% powoduje uznanie go za bezużyteczny (Łajczak, 1986, 1995). Udział w postępującym zamuleniu misy jeziornej mają nie tylko procesy sedimentacji rumowiska dopływów, lecz także akumulacja materiału pochodzącego z atmosfery oraz wzrost żyzności wód i masowy rozwój roślinności przybrzeżnej. W późnym stadium rozwoju misy zastępuje on procesy abrazyjne wybrzeży, charakterystyczne dla stadiów początkowych jej morfologicznej ewolucji.

Biorąc pod uwagę obecne tempo zamulania mis omawianych zbiorników wodnych, można obliczyć czas teoretycznego ich funkcjonowania. Tego typu obliczenia są zdecydowanie wskazane dla zbiorników regionu górnośląskiego. W dotychczasowych rozważaniach hydrologicznych i morfologicznych na ich temat proble-

mów załadownienia nie rozpatrywano lub zaledwie je sygnalizowano, bez konkretnych rezultatów ilościowych. Niewątpliwie takie działania były podyktowane złożonością uwarunkowań środowiskowych, w których istotną rolę odgrywa antropopresja i związana z nią niestabilność podłoża. O ile uwarunkowania antropogeniczne – np. wielkość transportu rumowiska – mogą być podobne do warunków w obszarach naturalnych, tj. pozbawionych tej antropopresji, o tyle niestabilność podłoża jest istotna w odniesieniu do procesów osiadania. Trudno więc czynić prognozy żywotności zbiornika w obliczu dynamicznie postępującej (w związku z osiadaniem terenu) ewolucji kształtu misy. Dla pozostałych zbiorników wodnych można obliczyć żywotność, korzystając z wcześniej przytaczanych metod Gonczarowa (1962) oraz Stonawskiego (*Badania...*, 1989). Adaptowano je do warunków obszaru, w granicach którego występują zlewnie badanych zbiorników wodnych. Po przekształceniu wzoru Gonczarowa i wykonaniu obliczeń zgodnie z podanym niżej algorytmem uzyskuje się teoretyczny czas eksploatacji obiektów, przy założeniu względnej stałości uwarunkowań środowiskowych. Dotyczyć one mogą np. podobnego natężenia procesów denudacyjnych w zlewni zbiorników. Formuła, o której mowa, określona jest następującym równaniem:

$$t = \log_{(1 - Zr/V_0)} (1 - Z_t/V_0),$$

gdzie:

$Z_t$  – wielkość zamulenia (załadownienia) po czasie  $t$  lat [mln m<sup>3</sup>],

$V_0$  – objętość początkowa zbiornika przy normalnym poziomie piętrzenia wody [mln m<sup>3</sup>],

$Zr$  – wielkość średniego rocznego załadownienia w mln [m<sup>3</sup>/rok].

Uzyskane wyniki badań sugerują zróżnicowany czas ich przyrodniczej egzystencji (tab. 14). Można zatem przypuszczać, że

Tabela 14  
Żywotność wybranych zbiorników wodnych  
na Wyżynie Śląskiej i jej obrzeżach  
na tle tempa ich zamulania

Nazwa zbiornika	Średnie roczne zamulenie misy [m <sup>3</sup> /rok]	Żywotność obiektu [tys. lat]
Pogoria III	524	22,90
Przeczycze	26 710	1,07
Świerklaniec	16 716	1,26
Dzierżno Duże	55 868	2,53

najdłużej będzie funkcjonował zbiornik Pogoria III (ponad 20 tys. lat). Dla zbiornika Dzierżno Duże czas ten wynosi około 2,5 tys. lat, a dla pozostałych obiektów – nieco powyżej 1 tys. lat. Na bazie przeprowadzonych obliczeń można wnioskować o zróżnicowanym tempie zamulania. Na tym tle uwypuklona zostaje rola powierzchni zlewni, od jej wielkości bowiem zależy bezpośrednio ilość zróżnicowanych frakcjonalnie utworów oraz roztworów. Są to związki powszechnie znane i przytaczane w wielu pracach (Łajczak, 1986, 1995 i inni). Odrębność zlewni rzek górnośląskich, w których usytuowane są misy omawianych zbiorników wodnych, polega przede wszystkim na antropogenicznie stymulowanym obiegu materii. Wiąże się z tym zwiększona dostawa rumowiska do zbiorników wodnych. Wymuszają ją „przerzuty wody” z terenów sąsiednich zlewni. Woda po wykorzystaniu, często w postaci ścieków, trafia do rzek jako materia wybitnie allochtoniczna, zwiększając w istotny sposób przepływy. Należy przypuszczać, że tempo zamulania zbiorników zlokalizowanych w zlewniach pod tym względem przekształconych (tzn. zasilanych ciekami o przepływach większych niż wynikałoby to z warunków naturalnych zlewni) będzie zdecydowanie większe.

Długość okresu funkcjonowania jest pochodną nie tylko uwarunkowań środowiskowych, lecz także wielkości zbiornika, jego pojemności i kształtu. Przywoływane wartości dokumentują rolę czynnika ludzkiego w tempie morfologicznej ewolucji zbiorników. Usytuowanie naturalnej misy jeziornej o podobnej do Pogorii III morfometrii w zlewni o niewielkiej powierzchni nie znajduje odzwierciedlenia w warunkach naturalnych otoczenia. Sytuacje tego typu w obszarach o krajobrazie staroglacjalnym na obecnym terytorium Polski raczej trudno wskazać. Są one możliwe w zlewniach młodoglacjalnych i w obszarach charakteryzujących się występowaniem procesów krasowych. I tu można mówić o swoistym paradoksie przyrodniczym. W większości przypadków zasymilowane z otaczającym środowiskiem zbiorniki wodne regionu górnośląskiego pełnią funkcje morfologiczne podobne do tych spełnianych przez jeziora w krajobrazie młodoglacjalnym we wczesnym okresie ich egzystencji.



## **5. Procesy brzegowe i osady dennie badanych zbiorników na tle innych sztucznych zbiorników wodnych**

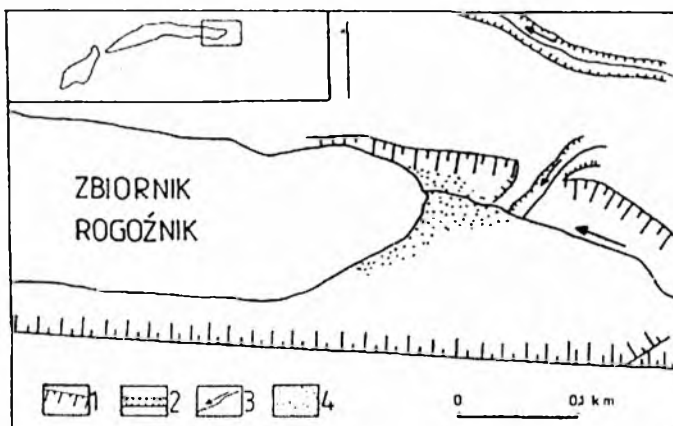
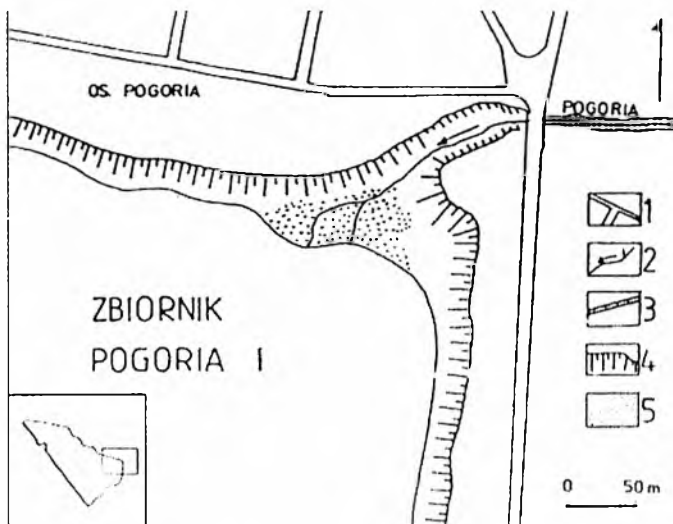
Niniejszy rozdział opracowano na podstawie dostępnych publikowanych i niepublikowanych wyników badań oraz obserwacji własnych, przeprowadzonych w latach 1993–2000 w obrębie zbiorników wodnych na Wyżynie Śląskiej i jej obrzeżach. Obszar ten jest doskonałym miejscem do badań transformacji dna oraz stref brzegowych zbiorników wodnych (Szczypek, Wach, 1992; Michalewicz i in., 1995) z racji ich dużej liczebności oraz zróżnicowania genetycznego (Jankowski, Wach, 1980; Jankowski, 1999; Rzętała, 2000b). Obserwacji naukowej poddano zbiorniki antropogeniczne z każdej grupy genetycznej: poeksploatacyjne, zaporowe, w nieckach osiadania i zapadliskach. Uzyskany materiał dokumentacyjny pozwolił na usystematyzowanie zagadnień oraz sporządzenie analiz porównawczych z innymi sztucznymi jeziorami. Na tle tych porównań czytelne stały się dalsze kierunki badań i rozważań nad poruszaną problematyką w stosunku do jezior górnośląskich.

Najbardziej dynamiczne zmiany morfologiczne wybrzeży zachodzą w obrębie zbiorników poeksploatacyjnych, zwłaszcza zajmujących wyrobiska po materiale piaszczystym. Zmiana bazy erozyjnej polegająca na sztucznym obniżeniu jej wysokości w połączeniu z następującym później zalewaniem wyrobiska poeksploatacyjnego doprowadziła do intensywnego rozwoju procesów stokowych. Tak silne obrywanie oraz osuwanie materiału połączone z dużym tempem cofania ścian skalnych jest znamienne wyłącznie dla początkowego etapu morfologicznej ewolucji zbiorników poeksploatacyjnych. Można przypuszczać, że nigdy w okresie póź-

niejszym misy tych zbiorników nie będą podlegały tak dynamicznym zmianom morfologicznym. Procesów, o których mowa, nie da się porównać nawet z tempem zmian morfologicznych w obrębie powstających jezior wytopiskowych. W ogóle trudno wskazać ich odpowiedniki w przypadku jezior naturalnych – jeden z nielicznych przykładów dotyczy zmian jeziora Brzeźno spowodowanych pracami geofizycznymi (Banach, Grześ, 1981; Banach, 1988b). Efektem zachodzących procesów jest oddalenie od linii brzegowej klifów (przekształconych skarp poeksploatacyjnych), spośród których wiele pozostaje od tamtego czasu poza zasięgiem falowania. Przykładem może być południowo-wschodnie wybrzeże zbiornika Pogoria I, które mając cechy klifu martwego jest dodatkowo modelowane przez morfogenetyczne oddziaływanie wysięków wód podziemnych. Wyraźne są tam już leje źródłiskowe powstałe w rezultacie postępującej erozji wstecznej. Wybrzeża o cechach klifu martwego w obrębie innych zbiorników poeksploatacyjnych mają charakter okresowy, gdzie w czasie sporadycznego występowania wysokich stanów wody są uaktywniane procesy abrazyjne. W przypadku zbiorników zaporowych, zajmujących najczęściej płaskodenne doliny rzeczne oraz przylegające do nich zbocza o niewielkim nachyleniu, nie obserwuje się tak gwałtownych przemian morfologicznych w strefie litoralnej podczas początkowego napełniania ich mis. Można raczej mówić o innym procesie, który jest związany z akumulacją przybrzeżną materii organicznej gromadzonej sukcesywnie na powierzchni podpiętrzanego zwierciadła wody. W wyniku falowania jest ona spychana ku brzegom i tam deponowana w postaci organicznych wałów brzegowych.

Wszystkie zbiorniki (poeksploatacyjne, zaporowe, w nieckach osiadania) zaś są dogodnym miejscem akumulacji materiału rumowiskowego w strefach kontaktu wód rzecznych i jeziornych. Następuje w nich zmiana energii wód płynących i wskutek sedimentacji rumowiska powstają delty lub stożki napływowe, erodowane (rozcinane) w okresach niskich stanów wody w zbiornikach. Często delty lub stożki napływowe zastępowane są strefami powierzchniowo rozległej akumulacji, jak to ma miejsce w przypadku Pogorii III lub zbiornika Pławniowice w miejscu ujścia Potoku Toszeckiego. W późniejszym okresie dużą rolę odgrywają również procesy sedimentacji materii organicznej, szczególnie morfotwórcze na powierzchniach okresowo osuszanych. Tego typu formy o charakterze potamogenicznym znajdują się w ujściowych odcinkach cieków zasilających niektóre zbiorniki (Jaguś i in., 1995). Oczywiście, najbardziej spektakularne rozmiary osiąga,

omówiona w niniejszej pracy, delta Kłodnicy powstała w strefie ujściowej tego ciek do zbiornika Dzierżno Duże (Rzętała, 1998). Jej przyrost jest na tyle intensywny, że dokonuje się okresowego bagrowania mającego na celu udroźnienie strugi dopływu wód powierzchniowych do zbiornika, a prowadzonego w ramach oczyszczania zbiornika (Rzętała, 2000a). Inne formy są zdecydowanie mniej efektowne, ale również dokumentują spontaniczną reakcję na proces antropogenizacji rzeźby. U ujścia Pogorii do zbiornika Pogoria I powstała delta wypełniająca poeksploatacyjne zakłębienie linii brzegowej w kształcie trójkąta (rys. 28). Delta jest zbudowana z osadów piaszczystych utrwalonych praktycznie na całej powierzchni przez roślinność zielną i krzewiastą. Tę część powierzchni delty, która przylega do zbiornika, porasta bujny szuwar trzcinowy. Roślinność ta jest między innymi przykładem szybkiej regeneracji układów biocenotycznych po dawnych zniszczeniach spowodowanych przez kopalnictwo odkrywkowe złóż piasku (Celiński i in., 1996). Podobnie przedstawia się sprawa w odniesieniu do zbiornika Rogoźnik, w obrębie którego rozwój procesów brzegowych jest znacznie ograniczony położeniem w głębokiej dolinie, wyciętej w pagórach Płaskowyżu Twardowickiego, a więc osłoniętej przed wiatrem. Obniżona wysokość bazy erozyjnej wyznaczona sztucznie przez piętrzenie wody w dawnej odkrywce poeksploatacyjnej sprzyja dostawie materiału ze zlewni i jego akumulacji w strefach dopływów. Okresowo i częściowo degradowane delty obserwowano w strefie dopływu Jaworznika (północno-zachodnie wybrzeże), a także we wschodniej części tego jeziora (rys. 28). Wyrażną deltę, porośniętą głównie roślinnością zielną, utworzyła również odnoga Gostynki uchodząca do zbiornika Paprocany. Tego typu potamogeniczne formy występują zazwyczaj w większości zbiorników wodnych. Jednak w strefach cofkowych zbiorników zaporowych są one mniej czytelne z uwagi na żywiołowy rozwój roślinności zielnej i krzewiastej. Tak jest w przypadku zbiorników: Przeczyce, Kozłowa Góra, Goczałkowice, Dzierżno Małe. Z tych samych względów zapewne trudne do stwierdzenia są strefy sedimentacji Warty dopływającej do zbiornika Poraj, gdzie A. Jaguś (1997) nie stwierdza przejawów tworzenia wyraźnego morfologicznie stożka napływowego lub delty. Delty występują niezwykle rzadko w obrębie wybrzeży zbiorników w nieckach osiadania i zapadliskach. Z jednej strony wiąże się to z ciągłym modelowaniem kształtu misy jeziornej w rezultacie ciągłości procesów deformacyjnych powierzchni terenu, z drugiej natomiast często z bezdopływowym charakterem tych zbiorników (brak dostawy rumowiska).



**Rys. 28.** Potamogeniczne formy na wybrzeżach poeksploatacyjnych zbiorników wodnych

Pogoria I (1 - drogi, 2 - cieki, 3 - wcięte koryta rzeczne, 4 - krawędzie dawnego pola eksploatacyjnego, 5 - zespół stożków napływowych - delt) i Rogoźnik (1 - krawędzie dawnego pola eksploatacyjnego, 2 - wcięte koryta rzeczne, 3 - cieki, 4 - zespół stożków napływowych - delt)

Analiza literatury geograficznej pokazuje, że zbiorniki regionu górnośląskiego charakteryzują się stosunkowo niewielkimi rozmiarami delt ze względu na niewielkie powierzchnie zlewni dostarczających rumowisko. Trudno więc odnosić ich rozmiary do delt zbiorników o nieporównywalnie większych powierzchniach zlewni. Kolejna odrębność wiąże się z czasem funkcjonowania obiektów, który w przypadku zbiorników wodnych na Wyżynie Ślą-

skiej i jej obrzeżach wynosi najczęściej kilkadziesiąt lat (rzadko więcej niż pięćdziesiąt). Objętość osadów deltowych zbiorników regionu górnośląskiego osiąga przeważnie od kilku do kilkadziesiątu, rzadziej kilkuset m<sup>3</sup>, a w zbiorniku Dzierżno Duże o powierzchni zlewni 530 km<sup>2</sup> – blisko 2 mln m<sup>3</sup>. Wielkości te można odnosić tylko do niektórych zbiorników wodnych, np. do zbiornika Orawa o powierzchni 32,8 km<sup>2</sup> i powierzchni zlewni 1181,7 km<sup>2</sup>, którego kubaturę osadów deltowych M. Banach (1992a) określa na 0,45 mln m<sup>3</sup>. Z kolei delty dużych zbiorników wodnych mają zdecydowanie większe kubatury i trudno poszukiwać analogii ze zbiornikami górnośląskimi.

Na wybrzeżach sztucznych zbiorników wodnych Wyżyny Śląskiej występują procesy brzegowe podobne do procesów brzegowych zachodzących na wybrzeżach morskich. Dowodzi tego analiza licznych opracowań geomorfologicznych (Kostrzewski, Zwoliński, 1988; Musielak, 1990; Furmańczyk, 1994; Racinowski, 1994 i inni), wskazujących jednak na istnienie wielu odrębności. Intensywność oraz zasięg jeziornych procesów brzegowych na omawianym obszarze są warunkowane wieloma czynnikami. Najważniejsze z nich – poza wielkością i kształtem misy jeziornej – to falowanie oraz litologia bezpośredniego otoczenia zbiornika, znajdująca bardzo często proste przełożenie na charakter ukształtowania brzegu i jego wysokości względne. Najbardziej spektakularne zmiany litoralu obserwuje się w obrębie zbiorników poeksploatacyjnych oraz zbiorników zaporowych. Pierwsze są zrehabilitowanymi w tzw. kierunku wodnym odkrywkami dawnych kopalń piasku, natomiast drugie powstały w wyniku zatopienia dolin rzecznych w związku z koniecznością zaspokojenia potrzeb wodnych regionu charakteryzującego się deficytem wód czystych (Jankowski, Wach, 1980; Jankowski, 1986, 1987, 1995, 1999; Czaja, 1999).

Wieloletnie badania morfologiczne w obrębie stref litoralnych zbiorników wodnych na Wyżynie Śląskiej skłaniają do przypuszczenia, że rozwój procesów brzegowych jest wprost proporcjonalny do wielkości zbiorników. Jednak procesy brzegowe w obrębie zbiorników zaporowych ze względu na niewielkie deniwelacje sztucznych wybrzeży i nachylenia zboczy doliny mają mniejsze nasilenie. Czynnikiem zdecydowanie wyróżniającym zbiorniki poeksploatacyjne są sztucznie ukształtowane krawędzie o niewielkiej stabilności wybrzeży warunkowanych mało odpornym materiałem brzegowym oraz roślinnością o niewielkim oddziaływaniu stabilizującym. Wynika to z faktu naruszenia roślinności lub jej całkowitej likwidacji w stre-

fach eksploatacji. W czasie powstawania zbiorników zaporowych podłoże praktycznie nie zostaje naruszone, a pokrywa roślinna nie traci stabilności w zakresie takim, jak omówiony wcześniej. Ulega ono jedynie przekształceniom, których wyrazem jest między innymi wkraczanie gatunków hydrofilnych lub wodnych. Proces ten wpływa na większą stabilność wybrzeży o niewielkich nachyleniach i deniwelacjach, dlatego stosunkowo niewiele jest form abrazyjnych na brzegach zbiorników zaporowych, a obfitość w obrębie zbiorników poeksploatacyjnych. Klify czynne (lub czynne okresowo o cechach klifu martwego) można spotkać przede wszystkim w miejscu dawnych krawędzi pola eksploatacyjnego zbiorników: Dzierżno Duże, Pławniowice, Dzieńkowice. Na brzegach zbiorników zaporowych są one raczej rzadkością – na brzegach Świerklańca nie występują w ogóle, a w obrębie zbiornika Przeczyce sporadycznie. Podobnie problem ten przedstawia się w odniesieniu do zbiornika Goczałkowice na Wiśle oraz opisywanego przez A. Jagusia (2000) zbiornika Poraj na Warcie. Większość zbiorników zaporowych charakteryzują co najwyżej, powszechne w warunkach zmiennego piętrzenia, poziomy terasowe. Analogicznym problemem jest tempo cofania ścian skalnych. Na Wyżynie Śląskiej i jej obrzeżach zagadnienie to jest szczególnie aktualne w odniesieniu do zbiorników poeksploatacyjnych, chociaż może nie tyle istotne jest tempo cofania ścian skalnych (bo jest ono niejednoznaczne, liniowe i półilościowym miernikiem dynamiki zmian morfologicznych), ile dotychczasowa ilość materiału pochodzącego z abrazyj wybrzeża klifowego. Uwzględniając nawet bardzo zawyżone szacunki dla zbiornika Dzierżno Duże ilość ta może wynosić około 60 000 m<sup>3</sup>, a dla zbiornika Pogoria III zaledwie 3000 m<sup>3</sup>. Owa wielkość dla zbiornika Przeczyce jest znikoma, a w odniesieniu do Świerklańca trudno w ogóle o niej mówić wobec braku wybrzeży klifowych. Oczywiście część tego materiału bierze udział w nadbudowie form akumulacyjnych na tym samym horyzoncie innego fragmentu wybrzeża, pozostała jest przemieszczana ku toni wodnej. Z przejawami degradacji brzegów nawet niewielkich zbiorników górnośląskich wiąże się zagrożenia lub zniszczenia elementów infrastruktury hydrotechnicznej. Dotyczy to zwłaszcza linii komunikacyjnych przebiegających w sąsiedztwie brzegów. Mimo że brak jest spektakularnych zagrożeń na miarę tych wywoływanych chociażby przez duże zbiorniki syberyjskie (Obincov, 1975; *Boguczanskoje...*, 1979; Owczinnikow, Karnauchowa, 1985; Trzcinski, Leszczikow, 1988; Zołotariew, Kuskowski, 1988; Owczinnikow i in., 1999), to z ich powodu podejmuje się decyzje o sztucznym

umacnianiu niektórych odcinków brzegów. Prace takie podejmowano w obrębie: zachodniego wybrzeża zbiornika Pogoria III (Rzętała, 1994), skarpy opadającej od południa do linii brzegowej zbiornika Rogoźnik (Jaguś, 1997), oraz odcinka wylotowego cieku Pogoria ze zbiornika Pogoria III.

Za podobne zabiegi można uznać prace mające na celu umocnienie odsłoniętych powierzchni piaszczystych pozostających pod wpływem procesów brzegowych, procesów eolicznych i małej skali ruchów masowych (np. Pogoria I, Pogoria III). Dlatego też, aby przeciwdziałać konkretnym szkodom ekonomicznym powstającym w konsekwencji rozwoju procesów brzegowych, wprowadza się różne formy ochrony wybrzeża przed nadmiernym rozwojem procesów abrazyjnych, gdyż – jak podaje A. Jaguś (1997) – nadbrzeżna roślinność przeciwdziała podcinaniu brzegów, tworzeniu osuwisk oraz spływów powierzchniowych gleby, chroniąc tym samym zbiornik przed lokalnymi zamuleniami. W warunkach górnośląskich zbiorników wodnych są to najczęściej: oczeret jeziorny, trzcina pospolita, mozga trzcinowa, turzyca błotna, manna mielec, wierzba wiciowa, wierzba żółta, wierzba pięciopręcikowa, wierzba krzewiasta. J. Wołoszyn i in. (1994) podają, iż najkorzystniejszą formą umocnienia brzegów jest utworzenie tzw. brzegosłonu faszynowego. W tym celu wiąże się w pęczki cienkie i długie gałązki wybranego gatunku wierzby i układa wzdłuż brzegu, przysypując ziemią, co pozwala na ich uкорzenie. W razie konieczności umocnienia fragmentów brzegów płaskich o słabym natlenieniu wody występującej w sąsiedztwie, najczęściej stosuje się wierzbę pięciopręcikową lub wierzbę szarą, z kolei w warunkach brzegu sąsiadującego z wodą dobrze natlenioną – wierzbę wiciową lub wierzbę żółtą. Niekorzystną stroną prowadzenia zabiegów umacniania brzegów przez wprowadzanie roślinności jest jej nadmierna sukcesja, która powoduje przyspieszenie tempa zarastania misy zbiornika postępującego tym intensywniej, im woda i osady dennego w zbiorniku są żyzniejsze (Kajak, 1979). W warunkach eutroficznych powstaje tak obfita biomasa roślin, iż ujemnie wpływa na racjonalną eksploatację zbiornika. Często trzeba walczyć z nadmiernym zarastaniem wód przez różne zbiorowiska flory wodnej. Najlepszym rozwiązaniem byłoby więc wprowadzanie nowych zadrzewień i zakrzewień w strefie brzegowej zbiorników z jednoczesnym usuwaniem niepożądanych gatunków roślin wodnych o dużych zdolnościach glebotwórczych (Jaguś, 1997).

Odmienne przedstawia się ów problem odnośnie do dużych zbiorników zaporowych, gdzie horyzont oddziaływania falowania sięga zboczy doliny o znacznym nachyleniu. Dochodzi tam do

utworzenia się wysokich klifów kształtowanych nie tylko przez obrywy inicjowane podciosami brzegowymi, lecz także osuwiska i inne procesy stokowe. Na potwierdzenie roli deniwelacji brzegów w geodynamice strefy litoralnej można przywołać zbiorniki: Żywiecki w Tresnej (Ziętara, 1995), na Rabie w Dobczycach (Ziętara, 1994), oraz Czorsztyński. Ten ostatni mimo zaledwie kilkuletniego okresu funkcjonowania charakteryzuje się wypreparowaniem wyraźnego jednego poziomu terasowego o cechach platformy abrazyjnej. Znajduje się ona u podnóża klifu czynnego o wysokości od kilkunastu do kilkudziesięciu centymetrów, a w jednostkowych sytuacjach do ponad dwóch metrów, niezależnie od tego, czy abrazja dotyczy dawnych pól uprawnych, czy zalesionych stoków Pienin. Z kolei w pracy zbiorowej pod redakcją J. Grochulskiego (1980) sygnalizowane jest występowanie procesów abrazyjnych na wybrzeżach zbiornika Otmuchów. Falowanie zwłaszcza przy normalnych i wysokich rzędnych piętrzenia wywołuje procesy abrazyjne prowadzące do powstania osuwisk obejmujących partie wybrzeża o wysokości dochodzącej do 2,5 m, a tempo cofania niektórych fragmentów brzegu osiąga 1 m w skali rocznej. Znamiennym przykładem w skali kraju, obrazującym tę sytuację, jest zbiornik Włocławek (np. Banach, 1986, 1993b, 1994, 1995a; Babiński, Banach, 1992). Inne przykłady (np. Zołotariew, Kuskowsk, 1988; Owczinnikow i in., 1999) odnoszą się do syberyjskich zbiorników zaporowych (fot. 7): Brackiego (Owczinnikow, Karnauchowa, 1985), Irkuckiego (Trzcinskij, Leszczikow, 1988), Ust'-Ilimskiego (Obincov, 1975), Boguczańskiego (*Boguczanskoje...*, 1979), a kolejne do zbiorników wołżańskich (Ikonnikow, 1995). Największe nasilenie procesów abrazyjnych obserwuje się na brzegach Zbiornika Brackiego o długości brzegów 6030 km, przy czym jest to zależność wprost proporcjonalna w odniesieniu do poziomu piętrzenia. Długość brzegów abradowanych zwiększyła się z 1300 km w 1982 roku do 2060 km w 1989 roku, a tempo cofania ich krawędzi osiągnęło miejscami aż 160 m, czyli średnio jest to cofanie się o 18 m w ciągu roku (Owczinnikow, 1996). G.I. Owczinnikow (1996) podaje, że w okresie eksploatacji wielkość rozmywu brzegów wynosi ponad 100 m dla Zbiornika Irkuckiego, około 200 m dla Zbiornika Brackiego i ponad 60 m dla zbiornika Ust'-Ilimskiego, przy długości brzegów abrazyjnych równych odpowiednio: 134 km, 2056 km i 600 km. Zjawisko to powoduje konieczność przenoszenia niejednokrotnie całych osiedli już w okresie eksploatacji zbiornika. Podobnie stoki o dużym nachyleniu są powierzch-



niami intensywnie modelowanymi przez zwierciadła wody zbiorników Těrlicko (fot. 8) i Žermanice (fot. 9) w Czechach. Oczywiście, katastrofy na miarę wielkiego osuwiska związanego z jeziorem zaporowym w Vajont w północnych Włoszech (gdzie zostało zasypane  $\frac{3}{4}$  pojemności misy i było 3000 ofiar) są skrajnością (Głodek, 1985), aczkolwiek uznaje się je za znamienne i spektakularne przykłady zmian, o których mowa.

Z kolei formy akumulacyjne w obrębie zbiorników wodnych na Wyżynie Śląskiej i jej obrzeżach występują przede wszystkim na brzegach mis obiektów zaporowych oraz poeksploatacyjnych (lub ich części) o dojrzałej rzeźbie wybrzeża. Są dość częstym elementem morfologii stref litoralnych zbiorników zaporowych, np.: Goczałkowice, Przeczyce, Świerklaniec, oraz niektórych poeksploatacyjnych, np. Pogoria III. Są to formy zbudowane z materiału mineralnego lub organicznego w zależności od lokalnych uwarunkowań litologicznych. Stosunkowo rzadko – w warunkach zbiorników górnośląskich – formy akumulacyjne stanowią trwałe element rzeźby wybrzeża. Tak jest w przypadku niektórych form zbiornika Dzierżno Duże, Przeczyce, Świerklaniec, Pogoria III. Zdecydowanie większą dynamiką zmian, co zrozumiałe, cechują się akumulacyjne formy efemeryczne. Inwentaryzacje dostarczające materiału dokumentacyjnego na ten temat można mnożyć, wskazując wybrzeża licznych zbiorników na Wyżynie Śląskiej i jej obrzeżach. Na brzegach zbiornika Poraj występują cyple piaszczyste oraz kosy degradowane w okresach falowania przy wysokich stanach wody (Jaśguś, 2000). Brzegi zbiornika Dzieńkowice urozmaicają nieliczne i niewielkie cyple piaszczyste oraz osuchy (mielizny), a na wybrzeżach zbiornika Rogoźnik coraz częściej pojawiają się wały brzegowe oraz mikrowały organiczne. Obserwując formy akumulacyjne na wybrzeżach zbiorników wodnych na Wyżynie Śląskiej oraz jej obrzeżach, można stwierdzić kilka interesujących prawidłowości: 1) zdecydowana większość form akumulacyjnych ma ukierunkowanie swych osi odpowiadające kierunkom najczęstszych wiatrów z sektora zachodniego; 2) większość form abrazyjnych jest modelowana najintensywniej w czasie właśnie takich wiatrów; 3) najbardziej przemodelowane morfologicznie są wschodnie wybrzeża zbiorników; 4) wszystko to wskazuje na niewspółmierną rolę falowania wiatrowego w porównaniu z pozostałymi czynnikami wpływającymi na rozwój procesów brzegowych.

W literaturze geograficznej odnoszącej się do procesów brzegowych sztucznych zbiorników wodnych zdecydowanie mniej miejsca poświęca się formom akumulacyjnym. Wynika to zapew-

ne z faktu, iż są one mniej uciążliwe w porównaniu z abrazyjnymi, nawet jeśli zajmują znaczne przestrzenie w strefach litoralnych, niemniej swoim rozwojem powodują utrudnienia w basenach portowych i przystaniach, następnie zamulanie i spływanie przyportowych fragmentów brzegu oraz odcinków cieków odprowadzających wodę, utrudnienia w poborze wody, zarastanie brzegów w sąsiedztwie pomostów i kąpielisk, itd. Wymienione problemy eksploatacyjne dotyczą w zasadzie wszystkich zbiorników wodnych pełniących funkcje użytkowe, ale o ich faktycznej uciążliwości decyduje skala i intensywność danego zjawiska.

Kilkuletnie obserwacje zmian morfologicznych w strefach brzegowych poeksploatacyjnych i zaporowych zbiorników wodnych na Wyżynie Śląskiej skłaniają do wyróżnienia kilku charakterystycznych etapów rozwoju strefy litoralnej, które pozostają w ścisłym związku z ewolucją zbiorników jako geosystemów (Jaguś i in., 1998). Etapy tego rozwoju najczęściej nie są charakterystyczne dla całej linii brzegowej w tym samym czasie i nie każde z opisanych tu stadiów bywa czytelne w obrębie wszystkich wybrzeży.

**1.** Cechą charakterystyczną pierwszego stadium określanego mianem „abrazyjnego urozmaicania linii brzegowej” jest gwałtowna zmiana bazy erozyjnej. Jeśli chodzi o zbiorniki zaporowe, to erozja rzeki zostaje zastąpiona abrazją falowania wiatrowego, oddziałującą na znacznie wyższym horyzoncie. Przybrzeża stoków połogich ulegają miejscami degradacji, której wyrazem są niewielkie podcięcia abrazyjne. Stoki o dużym nachyleniu zostają przekształcone w powierzchnie z klifem czynnym u podstawy. Wybrzeża zbiorników poeksploatacyjnych kształtują się w wyniku ruchów masowych (obrywy, zsuwanie, osypywanie). Ich profil poprzeczny ulega złagodzeniu, dążąc do osiągnięcia profilu równowagi, a to zaznacza się tworzeniem platform abrazyjnych.

**2.** Kolejny etap, nazwany „abrazyjno-akumulacyjnym wyrównywaniem linii brzegowej”, oprócz intensywnej abrazji cypli i akumulacji osadów w obrębie zatok dotyczy coraz większego wzdłużbrzegowego ruchu osadów. Jego rezultatem są liczne formy akumulacyjne (np. kosy, cyple piaszczyste), szczególnie często występujące w środowisku załamania linii brzegowej po ich zawietrznej stronie. Platformy abrazyjne zasobne w materiał pochodzący z niszczenia brzegów bardzo często stają się obiektem ponownej abrazji, której rezultat stanowią mikroklify, a nawet systemy teras jeziornych.

**3.** W trzecim stadium rozwoju, określanym jako „akumulacyjne urozmaicanie linii brzegowej”, najczęściej dochodzi do przemieszczania osadów w obrębie litoralu (tworzenie ławic, form

wałopodobnych, języków piaszczystych itp.). Występują trwałe formy akumulacyjne, urozmaicane tymi o charakterze efemerycznym i łatwo ulegającym przebudowie lub rozmyciu.

4. Stadium „biogenicznego utrwalania linii brzegowej” charakteryzuje agradacyjny rozwój wybrzeża związany z przyrostem masy roślinnej w nadwodnej i zatopionej części litoralu. Sprzyja temu łagodny profil poprzeczny strefy brzegowej decydujący o minimalizacji energii i zasięgu napływu fal. Należy podkreślić, że proces ten może być zainicjowany znacznie wcześniej, a o jego intensywności decyduje zawartość substancji biogennych w wodzie zbiornika oraz warunki litologiczno-glebowe na brzegach.

Odrębnego omówienia wymagają zbiorniki w nieckach osiadania i zapadliskach. Jak już wcześniej wspomniano, ich misy podlegają niejednostajnemu, ale ciągłemu modelowaniu kształtu w rezultacie ciągłości procesów deformacyjnych powierzchni terenu. Ich cechą jest również niewielka powierzchnia oraz stabilność wybrzeży wynikająca z utrwalającego oddziaływania darni lub trzcin. Występują one przeważnie na nieużytkach, jakimi zazwyczaj są tereny wokół zbiorników tej grupy genetycznej. Wszystko to powoduje, że linia brzegowa jest pozbawiona procesów abrazyjnych, których symptomatycznym przejawem są rozmywy materiału ziemistego w przypadku ubogiej pokrywy roślinnej. W ich strefach litoralnych dominują procesy akumulacji materii organicznej związane z obumieraniem porastającej tam roślinności (fot. 10). Z tego względu są bardzo podobne do niewielkich powierzchniowo zbiorników wodnych o charakterze poeksploatacyjnym lub zaporowym. W obrębie takich obiektów procesy brzegowe zachodzą na niewielką skalę i wiążą się zazwyczaj z procesami akumulacji łączonymi z roślinnością przybrzeżną. Przykładem tego typu zbiorników są – zlokalizowane na pograniczu Sosnowca, Katowic i Mysłowic – Stawiki, Borki Małe, Gliniak (wschodni i zachodni), Morawa i Hubertus, opisywane przez R. Dulias i M. Rudnicką (2000).

Konsekwencją dostawy do zbiorników materiału rumowiskowego jest wykształcenie różnej miąższości zróżnicowanych frakcjonalnie pokryw osadów dennych. W ich składzie mechanicznym dominują najczęściej frakcje pyłowe i ilaste, natomiast frakcje piaszczyste charakteryzują się zdecydowanie mniejszym udziałem. W zbiorniku Pogoria III wyraźną przewagą procentową w uziarnieniu cechują się frakcje piaszczyste. Średnia miąższość osadów dennych osiąga najczęściej od kilku do kilkunastu, rzadziej kilkudziesięciu centymetrów, a przestrzenne ich występowanie jest wysoce zróżnicowane. Niezwykle rzadko występują one w obrębie wyniesień dna misy

oraz partii przybrzeżnych zbiorników, a głęboczki wypełniają pozbawione wyraźnych struktur sedymentacyjnych osady denne o miąższości nawet kilku metrów. Tego typu przestrzenny rozkład osadów dennych polegający na ich koncentracji w określonych partiach zbiorników należy uznać za korzystny dla lokalnej kumulacji zanieczyszczeń. Jest to jednak raczej proces niesprzyjający szybkiej kolmatacji mis zbiornikowych, zwłaszcza poeksploatacyjnych, cechujących się dużym nachyleniem ścian dawnej odkrywki. W miarę równomierne pokrycie dna pokrywami osadów dennych mogłoby utrudnić infiltrację niskiej jakości wód limnicznych (Kozyreva, Rzętała, 1999). Brak lub niedostatek uszczelniających funkcji limnicznych osadów dennych znajduje odzwierciedlenie w wielu opracowaniach dotyczących tego silnie uprzemysłowionego i zurbanizowanego regionu (Rózkowski i in., 1989; Kropka, 1990; Rózkowski i in., 1997; Rzętała, 2000a i inni).

Miąższości osadów dennych obliczone jako średnie grubości ich pokryw, potwierdzone licznymi sondażowymi pomiarami niwelacyjnymi względem misy wypełnionej wodą, zasadniczo nie odbiegają od innych wyników badań prowadzonych na tym obszarze. Mimo ich niewielkiej liczby wystarczający materiał dokumentacyjny zgromadzono dla kilku zróżnicowanych wiekowo zbiorników wodnych opisanych przez M. Korcza i Z. Strzyszcza (1995). Część z nich pochodzi z pierwszej połowy XX wieku (Ostropa 1 i 2 oraz Czechowice k. Gliwic; Skałka w Świętochłowicach; Gliniak i Hubertus na pograniczu Sosnowca i Katowic), część natomiast z drugiej połowy tego wieku (Morawa i Stawiki – pogranicze Sosnowca i Katowic; Smug i Kazimierz Górniczy w Sosnowcu). Są to płytkie zbiorniki o charakterze bezodpływowym lub słabej przepływowości, najczęściej przystosowane do celów rekreacji, większość z nich posiada zlewnie o charakterze leśnym lub leśno-parkowym, z infrastrukturą rekreacyjną. Miąższości osadów dennych tych zbiorników bywają zróżnicowane i wynoszą od kilku do 30 cm maksymalnie: Ostropa 1 (5–6 cm), Ostropa 2 (20–35 cm), Czechowice (5–30 cm), Skałka (16 cm), Gliniak (25–30 cm), Hubertus (8–23 cm), Morawa (3 cm), Stawiki (osuszany i oczyszczany), Smug (8–22 cm), Kazimierz Górniczy (4 cm). Wykazane wcześniej miąższości osadów dennych trudno porównywać z utworami wypełniającymi misy dawnych stawów w dolinie Rudy, które opisuje K. Kocel (1997), ze względu na odmiennność środowiskowych uwarunkowań wyrażonych różnym wpływem antropopresji. Funkcjonowały one około 100–150 lat w zlewniach o powierzchniach kilku km<sup>2</sup>, miąższości osadów zaś wynoszą najczęściej kilka decymetrów (w zlewniach rol-

niczych nie przekraczają 40 cm, w zlewniach zalesionych 20 cm, w skrajnych przypadkach 1 m), a w zbiorniku użytkowanym w końcowej fazie funkcjonowania jako osadnik wód kopalnianych przekraczają 3 m (Kocel, 1997). Dla porównania, utworzony w 1973 roku Zbiornik Sulejowski o powierzchni 23,8 km<sup>2</sup>, powierzchni zlewni 4860 km<sup>2</sup> i pojemności 75 mln m<sup>3</sup>, charakteryzuje się średnią miąższością osadów wynoszącą około 21 cm (Galicka, 1996).

Niezwykłą rzadkością w publikowanych i niepublikowanych materiałach scalających wyniki badań osadów dennych na Wyżynie Śląskiej i jej obrzeżach są dane dotyczące uziarnienia. Trudno wskazać prace sygnalizujące ową problematykę w odniesieniu do osadów współczesnych zbiorników wodnych na tym obszarze. Znacznie większym zainteresowaniem cieszą się fluwialne środowiska sedimentacyjne związane z rzekami tego obszaru (Klimek, Zawilińska, 1985; Klimek, 1995; Klimek i in., 1995). W najlepszym razie są to dane fragmentaryczne traktujące np. o składzie mechanicznym zawieszin, które dla zbiornika Dzierżno Duże opisuje M. Kosteckie (2000). Często są to uogólnione stwierdzenia np. o osadach mulistych (Zaczyński, 1958). Wykonane sondażowo badania składu mechanicznego osadów dennych zbiorników wodnych na omawianym obszarze wskazują na konieczność prowadzenia dalszych badań. Sugerują ponadto duże zróżnicowanie wielkości ziaren. Dowiodło tego opisywane wyżej uziarnienie osadów zbiornika Pogoria III (dominacja frakcji piaszczystych) w zestawieniu z odmiennym składem mechanicznym osadów np. zbiornika Dzierżno Duże (zdecydowana przewaga cząstek ilastych – ok. 65% ziaren o średnicy mniejszej niż 0,02 mm). Z kolei dla zajmującego od 1938 roku wyrobisko poeksploatacyjne zbiornika Pogoria I znamienny jest udział frakcji piaszczystych sięgający 63%. Frakcje pylaste osiagają 9%, a ilaste – 27%. Podobny pod względem genezy i wieku zbiornik Dzierżno Małe charakteryzuje się diametralnie odmiennym uśrednionym składem granularnym: piaski – 7%, pyły – 26%, iły – 67%. Taki udział poszczególnych frakcji może mieć związek z występowaniem w miejscu obecnego zbiornika iłów trzeciorzędowych (*Mapa geologiczna Górnośląskiego Zagłębia Węglowego*, 1954) oraz plejstocénskich glin pylastych (*Szczegółowa mapa geologiczna Polski*, 1955). Opisywane rezultaty badań konwenują z wynikami analiz składu mechanicznego przeprowadzonych przez K. Kocel (1997) dla osadów dennych kilku byłych stawów (Gaszowice, Ruda Kozielska, Kuźnia Raciborska) w dolinie Rudy. Autorka ta stwierdziła, że w zlewniach zalesionych osady denne zbiorników na ogół stanowią utwory piaszczyste, natomiast

pyły i iły są raczej charakterystyczne dla zlewni rolniczych. Prawidłowość tę częściowo potwierdzają procentowe udziały frakcji 0,002–0,05 mm w osadach zbiornika Otmuchów, wynoszące 53–70% w zależności od miejsca poboru próbek, przy czym udział tej frakcji zmniejsza się nieznacznie na rzecz ziaren piaszczystych w miarę zbliżania się do dopływu (Grochulski, 1980).

Ograniczone możliwości syntetycznych porównań odnoszących się do zawartości w osadach dennych pierwiastków śladowych dotyczą nie tylko stosunkowo niewielu zbiorników wodnych, lecz także nielicznych analizowanych mikroelementów (tab. 15): cyn-

Tabela 15

Zawartość niektórych pierwiastków śladowych w osadach dennych wybranych zbiorników wodnych na Wyżynie Śląskiej i terenach przyległych

Nazwa zbiornika wodnego	Cynk	Ołów	Miedź	Kadm	Nikiel
	zakres występowania lub średnia arytmetyczna (w ppm)				
Pogoria III	<b>185,7</b>	<b>51</b>	20,0	<b>0,93</b>	33,7
Przeczyce	<b>1282,3</b>	<b>599</b>	33,0	<b>11,70</b>	27,0
Świerklaniec	<b>1729,0</b>	<b>479</b>	60,0	<b>18,05</b>	26,5
Dzierżno Duże	<b>512,5</b>	<b>88</b>	60,5	<b>9,30</b>	33,0
Pogoria I	<b>1276</b>	<b>239</b>	44,0	<b>15,27</b>	50,00
Dzierżno Małe	<b>351</b>	<b>72</b>	22,0	<b>2,53</b>	24,67
Myczkowce *	<b>90–151</b>	<b>51–133</b>	<b>36–104</b>	–	<b>61–167</b>
Goczałkowice *	<b>91–278</b>	<b>54–100</b>	<b>29–83</b>	–	23–69
Turawa *	<b>140–800</b>	<b>44–546</b>	<b>49–222</b>	–	9–46
Otmuchów *	<b>64–400</b>	<b>38–99</b>	<b>22–179</b>	–	22–62
Ostropa 1 **	<b>182</b>	<b>98</b>	12	<b>4,0</b>	79
Ostropa 2 **	<b>297</b>	<b>100</b>	24	<b>2,7</b>	<b>91</b>
Czechowice **	<b>373</b>	<b>98</b>	28	<b>4,1</b>	<b>104</b>
Skałka **	<b>2998</b>	<b>730</b>	79	<b>34,7</b>	<b>113</b>
Borki **	<b>4426</b>	<b>444</b>	50	<b>46,2</b>	<b>159</b>
Morawa **	<b>5512</b>	<b>1703</b>	63	<b>43,2</b>	<b>142</b>
Stawiki **	<b>5151</b>	<b>2335</b>	74	<b>47,6</b>	81
Hubertus **	<b>30616</b>	<b>3660</b>	<b>179</b>	<b>286,3</b>	<b>133</b>
Gliniak **	<b>29682</b>	<b>6344</b>	<b>295</b>	<b>212,9</b>	<b>134</b>
Smug **	<b>1495</b>	<b>98</b>	14	<b>5,6</b>	<b>141</b>
Kazimierz Górniczy **	<b>1026</b>	<b>305</b>	21	<b>8,9</b>	<b>99</b>
Tłó geochemiczne***	10–120	3–40	2–60	0,05–0,35	5–90

Objaśnienia: symbol – oznacza brak danych; \* – dane według K. Pasternaka i J. Glińskiego (1972) uproszczone i zmienione; \*\* dane według M. Korcza i Z. Strzyszcza (1995) uproszczone i zmienione; symbol \*\*\* przy terminie „tłó geochemiczne” oznacza wartości podawane dla wszystkich rodzajów skał osadowych wymienianych przez A. Kabatę-Pendias i H. Pendiasa (1993); cyfry pogrubione oznaczają przekroczenie tła geochemicznego dla skał osadowych.

ku, ołowiu, miedzi, kadmu, niklu. Niektóre z nich można uznać za reprezentatywne parametry zanieczyszczenia w stosunku do zbiorników wodnych będących przedmiotem rozważania w części analitycznej (zwłaszcza cynk, kadm i ołów). Można je także odnosić do analogicznych parametrów analiz chemicznych osadów zbiorników wodnych obecnie zlikwidowanych.

Zasadniczą kwestię stanowi przekroczenie przyjętego poziomu tła geochemicznego w zasadzie we wszystkich próbach w przypadku cynku, ołowiu i kadmu oraz niektórych wskaźników odnoszących się do miedzi i niklu. Dokumentuje to prawdopodobną rolę kompleksowego wpływu antropopresji w kształtowaniu zawartości pierwiastków śladowych w tych osadach. Kolejnym zagadnieniem jest krotność przekroczenia przyjętego do odniesień tła geochemicznego, osiągniętego z pracy A. Kabaty-Pendias i H. Pendiasa (1993). Zawartości te są dużo wyższe niż proponowane przez K. Klimka i in. (1995) tło geochemiczne dla przedprzemysłowych aluwiów Przemszy oraz wyższe od podawanych przez D. Ciszewskiego (1992) poziomów uznawanych za naturalne. Udziały omawianych pierwiastków można uznać za nawiązujące do zawartości oznaczonych w osadach dennych środkowej Odry i jej dopływów (Jędrzak, Czyrski, 1990; Chwojnicka i in., 1993), Wisły i jej dopływów w rejonie Krakowa (Helios-Rybicka, Wardas, 1989), dolnej Przemszy, Wisły i niektórych rzek Europy (Ciszewski, 1992). Bardzo wyraźna na tym tle staje się skala antropogenicznych wpływów świadcząca o ich dużym zróżnicowaniu. W zdecydowanej większości przypadków wysoka zawartość mikroelementów jest pochodną zanieczyszczenia cieków zasilających zbiorniki zaporowe. Tym można tłumaczyć podwyższone zawartości pierwiastków śladowych w osadach większości omawianych zbiorników zaporowych (tab. 15). Istnieją również inne wątki argumentacji, której najważniejsze przykłady – wskazujące na wpływ zróżnicowanej antropopresji – zamieszczono w dalszej części rozdziału.

W bezodpływowych i zasilanych głównie wodami podziemnymi i opadowymi zbiornikach, takich jak Hubertus i Gliniak na pograniczu Sosnowca, Mysłowic oraz Katowic, koncentracje zwłaszcza cynku, ołowiu i kadmu mają uzasadnienie w postaci kontaktu mis jeziornych z materiałem odpadowym w procesach hutniczych oraz działaniach związanych z uzdatnianiem węgla. Są to przypadki skrajnego zanieczyszczenia wynikającego ze składowania lub użycia wspomnianego materiału do umacniania brzegów tych zbiorników, budowy grobli i nasypów szlaków komunikacyjnych. Bardzo prawdopodobne, że materiał ten w konsekwencji

fizycznych i chemicznych przemian w środowisku wód zbiornikowych wchodzi w skład obecnych osadów dennych. Nie można również wykluczyć wpływu tzw. suchej i mokrej depozycji produktów emisji działającej w pobliżu szopienickiej huty metali nieżelaznych. Wielkość tego wpływu jest jednak nieporównywalnie mniejsza niż uwarunkowań przedstawionych poprzednio, o czym świadczą zdecydowanie niższe zawartości analizowanych substancji w osadach pozostałych zbiorników w najbliższym otoczeniu.

Inny przykład można odnosić do roli przepływowych zbiorników wodnych w kumulacji zanieczyszczeń – w tym przypadku utożsamianych z metalami ciężkimi, której niewątpliwie sprzyja odczyn wody zbiorników utrudniający ich migrację. Spektakularnym przykładem są dane dotyczące zbiornika Pogoria I i Pogoria III, tj. pierwszego i ostatniego obiektu na cieku Pogoria (zgodnie z jego biegiem). Na uwagę zasługują wielokrotnie wyższe zawartości metali ciężkich w osadach dennych pierwszego zbiornika w stosunku do zbiornika Pogoria III, co wskazuje na rolę Pogorii I jako zbiornika spełniającego funkcję swoistej „oczyszczalni wód” dla przepływającego cieku. Zawartość rozpatrywanych substancji w osadach dennych zbiornika Pogoria I świadczy o istnieniu podobnych uwarunkowań do tych odnoszących się do zbiornika Przeczyce. Nie można jednocześnie wykluczyć wpływów antropogenicznych związanych z dostawą tych metali z terenu kombinatu metalurgicznego Huta „Katowice” zlokalizowanego na obszarze omawianej zlewni.

Ciekawe relacje zawartości metali ciężkich wskazujące na odrębny charakter uwarunkowań antropogenicznych można przytoczyć dla zbiorników Dzierżno Duże i Dzierżno Małe, których misy bezpośrednio sąsiadują. Zdecydowanie wyższe wartości wskaźników zanieczyszczenia stwierdza się w odniesieniu do zbiornika Dzierżno Duże o przemysłowym charakterze zlewni, a niższych ich zawartości w osadach dennych Dzierżna Małego o zlewni rolniczo-przemysłowej.

Ciekawych informacji dostarczają wyniki badań osadów zbiorników obecnie zlikwidowanych. K. Kocel (1997) prowadząc badania takich osadów kilku byłych stawów (Gaszowice, Ruda Koziełska, Kuźnia Raciborska) w dolinie Rudy, stwierdziła koncentracje cynku (zasadniczo od kilkudziesięciu ppm do maksymalnie 1150 ppm) nawiązujące do charakteru użytkowania zlewni i zwiększające się w partiach stropowych profilów, co dokumentuje nasilający się w czasie wpływ antropopresji. Podobne relacje strop – spąg stwierdzono w przypadku zawartości kadmu i ołowiu. Pierwiastki te były obecne w osadach dennych w ilościach od kilku



do ponad 20 ppm w przypadku ołowiu oraz od około 0,2 do około 4 ppm w odniesieniu do kadmu (Kocel, 1997). Wyniki te świadczą o postępującym zanieczyszczeniu osadów i kumulacyjnej ich roli w stosunku do metali ciężkich. Relacje tego typu obserwuje się w przypadku zbiorników współcześnie istniejących. Na przykład w osadach dennych Zbiornika Sulejowskiego w krótkim czasie stwierdzono wzrost zawartości kadmu o około 20%, a cynku, chromu, niklu i ołowiu o 50–80% (Galicka, 1996).

Z problematyką osadów dennych oraz morfologią strefy litoralnej omawianych zbiorników wodnych wiąże się tempo ich zamulania oraz opisywanej wcześniej tzw. żywotności, które zależą od wielu czynników, między innymi od pojemności zbiorników oraz wielkości zasilania determinującego ilość dostarczanego rumowiska. Z tych względów omawiane zbiorniki wodne charakteryzują się zróżnicowanym czasem szacunkowego funkcjonowania w tysiącach lat (Pogoria III – 22,9; Przeczyce – 1,07; Świerklaniec – 1,26; Dzierżno Duże – 2,53). Dla innych obiektów Wyżyny Śląskiej i terenów przyległych czas ten na ogół jest podobny, wynosząc maksymalnie kilka tysięcy lat (Pławniowice – 7,3 tys. lat; Goczałkowice – 3 tys. lat; Dzierżno Małe – 2 tys. lat; Pogoria I – 1,6 tys. lat). Istnieją również takie zbiorniki, których funkcjonowanie określa się na niecałe 300–400 lat (Sosina, Paprocany). Tempo zamulania ostatniego z wymienionych jest na tyle duże, że w okresie jego funkcjonowania prowadzono już prace odmulające. Nieco dłuższy czas egzystencji sztucznego jeziora (około 650 lat) przypisuje się zbiornikowi Poraj (Jaguś, Rzętała, 2000). Z kolei zbiornikiem podobnym do Pogorii III, o bardzo długim czasie potencjalnego funkcjonowania, jest zbiornik Dzieńkowice nie mający dopływów o istotnym przepływie i bazujący na czystych wodach transportowanych ze zlewni Soły. Wobec dużej pojemności sytuacja ta może zapewnić niezwykle wolne tempo zamulania. Odmiennie przedstawia się sprawa większości zbiorników wodnych o niewielkich pojemnościach, np. zbiorników w nieckach osiadania. Ich czas przyrodniczej egzystencji jest znacznie krótszy, a głównym czynnikiem decydującym o tempie zaniku – wobec często występującej bezodpływowości – będą prawdopodobnie procesy związane z zarastaniem. Dużym podobieństwem cechują się opisywane przez G. Kowalewskiego i L. Kozackiego (1997) hydrotopy okolic Konina, których zmiany są warunkowane odkrywkową eksploatacją węgla brunatnego.

W odniesieniu do sztucznych zbiorników wodnych innych niż górnośląskie jest stosunkowo wiele prac poruszających problem oszacowań żywotności. Zazwyczaj dotyczą zbiorników zaporowych,

które już na etapie projektowania mają ściśle określone funkcje użytkowe (Głodek, 1985). Dlatego też cieszą się dużym zainteresowaniem w tym względzie w odróżnieniu od zbiorników na Wyżynie Śląskiej, które często są nieużytkami i cechują się niewielkim zainteresowaniem inwestycyjnym. Wyjątkowo wiele ocen żywotności mają zbiorniki wodne spełniające funkcje przeciwpowodziowe. Oddany do użytku w 1933 roku zbiornik Otmuchów przy założeniu rocznego zamulania wynoszącego  $0,3 \text{ mln m}^3$ , tj.  $0,2\%$  pojemności misy pierwotnie wynoszącej  $143 \text{ mln m}^3$ , będzie funkcjonował około 480 lat (Grochulski, 1980). W książce pod redakcją J. Grochulskiego (1980) przytacza się dane dotyczące zamulania innych zbiorników wodnych, na podstawie których (przy założeniu liniowego przebiegu zjawiska) można oszacować ich żywotność. Wynosi ona aż 5,2 tys. lat dla zbiornika Turawa na Małej Panwi oraz nieco ponad 50 lat dla zbiornika Pilchowice na Bobrze, 180 lat dla zbiornika Porąbka, blisko 120 lat dla Zbiornika Rożnowskiego na Dunajcu. Wydaje się jednak, że w przypadku zbiornika Porąbka – którego czas użytkowania pierwotnie oceniano na 120 lat (Mastyński, 1987) – nie uwzględniono wpływu wybudowanego w latach 60. XX wieku Zbiornika Żywieckiego. Odmienne oszacowania przytacza A. Łajczak (1995) dla zbiornika Rożnów – 320 lat na podstawie danych z bilansu transportu materiału klastycznego i 260 lat na podstawie powtarzalnej niwelacji misy. Według A. Łajczaka (1995), czasy egzystencji zbiorników sięgające setek lat mają obiekty Dobczyce na Rabie i Tresna na Sole (ponad 600 lat) oraz Czorsztyn na Dunajcu (około 800 lat), a żywotność niektórych można szacować w tysiącach lat (Krempna na Wisłoce – 11 tys. lat, Klimkówka na Ropie – 10 tys. lat, Solina na Sanie – ok. 9 tys. lat). Z kolei żywotność Zbiornika Sulejowskiego, którego pojemność zmniejszyła się o ok. 7% po 20 latach eksploatacji (Galicka, 1996), można szacować na około 300 lat. Niewątpliwie wydłużeniu czasu funkcjonowania zbiorników wodnych sprzyja prowadzenie prac bagrowniczych lub odmulających.

Z przytoczonych odwołań wynika, że czas funkcjonowania większości sztucznych zbiorników zaporowych Wyżyny Śląskiej i jej obrzeży mieści się zasadniczo w dolnej strefie przedziału najczęstszych żywotności ( $10^3$ – $10^4$  lat) podawanych przez A. Łajczaka (1995) dla zbiorników karpackich i sudeckich. Wyjątek stanowią nieliczne zbiorniki o niewspółmiernie dużych pojemnościach, usytuowane (antropogenicznie) w niewielkich zlewniach, np. Pogoria III, Dzieńkowice. Co ciekawe, są to dane zasadniczo

zbieżne z podawanymi przez A. Choińskiego (1995) szacunkami perspektywicznego wieku większości naturalnych jezior w Polsce, które funkcjonują już co najmniej kilka tysięcy lat. Szacunki te wynoszą: od kilkuset lat do 2–3 tys. lat. Oczywiście A. Choiński (1995) nie wyklucza zaniku niektórych jezior w ciągu kilkadziesiąt, kilkuset lat, wiążąc to między innymi z wahaniami stanów wody sprzyjających zanikowi obiektów o niewielkich średnich głębokościach.

Omawiając morfologiczną ewolucję mis sztucznych zbiorników wodnych na Wyżynie Śląskiej i jej obrzeżach, należy wspomnieć o możliwościach ilościowo-jakościowej transformacji osadów dennych oraz stref litoralnych przyszłych sztucznych jezior. Należy się spodziewać, iż najbardziej intensywne zmiany morfologiczne będą występowały w obrębie obszarów obecnej eksploatacji powierzchniowej surowców skalnych – w przyszłości mających być zbiornikami wodnymi. Zasięg i dynamika tych zmian będzie wprost proporcjonalna do wielkości obiektów, a do grupy czynników najbardziej sprzyjających przemianom morfologicznym należy zaliczyć duży kąt nachylenia brzegów (obecnych krawędzi wyrobisk) przyszłych zbiorników wodnych. Szczególnie znamienym przykładem powyższych prognoz jest przede wszystkim przyszły zbiornik wodny Kuźnica Warężyńska o powierzchni osiagającej 6,4 km<sup>2</sup> i pojemności przekraczającej 80 mln m<sup>3</sup>, mający powstać na obszarze dotychczas prowadzonej odkrywkowej eksploatacji piasku (Kozyreva, Rzętała, 1999). Inny przykład dotyczy wyrobiska popiaskowego użytkowanego obecnie przez Kopalnię Piasku Podszadzkowego „Szczakowa”. Ponadto coraz częstsze będą przypadki likwidacji zwłaszcza niewielkich zbiorników wodnych przez ich zasypywanie oraz sukcesywne kształtowanie brzegów nadsypywaniem materiałem ziemnym.

Podsumowując syntetyczne sformułowania niniejszego rozdziału, należy podkreślić, że morfologiczna ewolucja mis sztucznych zbiorników wodnych zależy od przebiegu naturalnych procesów rzeźbotwórczych, mimo że czynniki inicjujące ich rozwój wiąże się z działalnością antropogeniczną. Ponadto dynamika naturalnych procesów morfologicznych oraz zmienność form rzeźby wynikają bezpośrednio z intensywności stymulowanego antropogenicznie obiegu materii. Modelowanie morfologiczne mis zbiorników jest niezwykle intensywne, a warunkuje je przede wszystkim: zmiana bazy erozyjnej występująca w momencie powstania sztucznego jeziora, antropogenicznie wymuszona dostawa rumowiska ze zlewni (odpady oraz ścieki komunalne i przemysłowe, drenaż górni-

czy, tzw. przerzuty wody spoza zlewni), sprzyjająca akumulacji zmiana środowiska energetycznego rzek następująca w nowych zbiornikach wodnych oraz rozwój procesów brzegowych (Kozyrewa, Rzętała, 1999). Większość tych czynników nie znajduje odzwierciedlenia w opisach morfologicznej ewolucji jezior naturalnych, dokonywanych na kanwie analiz odnoszących się do ich holocenówskich przemian (np.: Piasecki, 1960; Bartkowski, 1962; Korolec, 1968; Jańczak, 1983; Nowaczyk, 1988, 1994; Kostrzewski i in., 1994; Choiński, 1995; Bukowska-Jania, Pulina, 1997).

Omawiane procesy dotyczą większości sztucznych zbiorników wodnych, a skala ich występowania oraz morfologiczne następstwa zależą od wielkości obiektów. Informacje zawarte w literaturze (m.in. Banach, 1993a, 1994; Ikonnikow, 1995; Owczinnikow, 1996; Trzcinskij, Leszczikow, 1988; Owczinnikow i in., 1999) świadczą o tym, że morfologiczna ewolucja mis sztucznych jezior jest szczególnie wyraźna w odniesieniu do zbiorników wodnych o nieporównywalnie – w stosunku do wcześniej omówionych – większych powierzchniach, np. Zbiornika Włocławskiego, zbiorników wożańskich, Zbiornika Brackiego, czy Zbiornika Irkuckiego. Na tle zmian morfodynamicznych zachodzących w obrębie ich mis ilościowo-jakościową transformację osadów dennych oraz stref litoralnych zbiorników wodnych na Wyżynie Śląskiej i jej obrzeżach należy traktować jako procesy w skali mikro (Kozyrewa, Rzętała, 1999).

## 6. Podsumowanie

Przeprowadzone rozważania upoważniają do wyciągnięcia kilku wniosków o charakterze syntetycznych stwierdzeń podsumowujących najistotniejsze zagadnienia.

1. Ze względu na intensywnie zachodzące zmiany morfologiczne omawiane zbiorniki wodne należy uznać za obiekty sukcesywnie tracące antropogeniczny charakter i wyraźnie asymilujące się z otaczającym środowiskiem geograficznym, co potwierdzają liczne różnorodne procesy naturalne dokumentujące reakcję środowiska na antropogenezę rzeźby. Ich intensywność oraz zasięg zależą od wielu czynników. Podkreślenia wymaga fakt, iż w odróżnieniu od zazwyczaj powolnego naturalnego cyklu ewolucyjnego (np. jezior polodowcowych) w warunkach zbiorników wodnych Wyżyny Śląskiej i jej obrzeży mamy do czynienia z niezwykle dynamicznym przebiegiem procesów inicjowanych w sposób wybitnie antropogeniczny. Są to często procesy o znamionach dużej impulsywności, np. gwałtowna zmiana wysokości bazy erozyjnej w momencie napełniania wodą dawnej odkrywki poeksploatacyjnej lub przegrodzonej doliny, którą trudno porównać z tempem przeobrażeń chociażby zagłębień wytopiskowych.

2. Zmiany morfologiczne zachodzące w strefie litoralnej antropogenicznych zbiorników wodnych – w odróżnieniu od znajdujących się w różnym stadium rozwoju naturalnych mis jeziornych – należy zaliczyć do najbardziej intensywnych. Obszarami niezwykle dynamicznych zmian morfologicznych w strefach litoralnych większości sztucznych zbiorników wodnych są wschodnie sektory ich wybrzeży. Wskazuje to na niewspółmierną rolę falowania powstającego przy wiatrach z sektorów zachodnich (które są wiatrami o największej częstotliwości i prędkości) w stosunku do pozostałych czynników stymulujących rozwój procesów brzego-

wych. Największą intensywnością charakteryzują się procesy brzegowe zachodzące na brzegach zbiorników poeksploatacyjnych, której sprzyjają: nieregularność linii brzegowej, duże nachylenie zboczy wyrobisk i poszczególnych ich basenów oraz zazwyczaj niewielka odporność na niszczenie materiału brzegowego. Tempo, zasięg i skala zmian morfologicznych wybrzeży czyni zbiorniki poeksploatacyjne wyjątkowymi nie tylko na tle zalewisk powstających w nieckach osiadania, lecz także wśród zbiorników zaporowych charakteryzujących się zwykle niewielką intensywnością procesów brzegowych z powodu zalewania odcinków dolin rzecznych posiadających niewielkie spadki oraz mało nachylone zbocza. Procesy brzegowe zbiorników zaporowych polegają najczęściej na przemieszczaniu niewielkich ilości materiału brzegowego oraz na nadbudowie płytko zatopionych części brzegów przez materię organiczną gromadzoną w wyniku obumierania bogatej zazwyczaj roślinności przybrzeżnej. Podobna sytuacja występuje w przypadku zbiorników tworzących się w nieckach osiadania, przy czym dodatkowym czynnikiem ograniczającym rozwój procesów brzegowych jest niewielka powierzchnia i pojemność zbiorników. Z kolei procesy brzegowe większości niewielkich zbiorników poeksploatacyjnych są mniej spektakularne, ponieważ ograniczony jest zazwyczaj wpływ czynników prowadzących do modelowania ich wybrzeża (m.in. wcześniejsza niwelacja krawędzi wyrobisk, trwała zabudowa brzegów, niewielka powierzchnia, niesprzyjająca lokalizacja i ekspozycja).

**3.** Przeprowadzone badania charakteru i intensywności procesów brzegowych skłaniają do wyróżnienia czterech etapów rozwoju strefy litoralnej, które pozostają w związku z ewolucją morfologiczną zbiorników jako geosystemów. Stadia te określa się mianem (Ja g u ś i in., 1998): abrazyjnego urozmaicania linii brzegowej, abrazyjno-akumulacyjnego wyrównywania linii brzegowej, akumulacyjnego urozmaicania linii brzegowej, biogenicznego utrwalania linii brzegowej. Pierwsze zostało zakończone dla badanych obiektów, lecz wkrótce będzie typowe dla zbiorników obecnie projektowanych, drugie odnosi się do zbiornika Dzierżno Duże, przykładem trzeciego jest Pogoria III i Przeczyce, a czwartego – Świerklaniec.

**4.** Przeprowadzone obliczenia bilansu ładunków w systemie alimentacja – odpływ zbiornika tylko nieznacznie korespondują z wynikami obliczeń kubatury osadów dennych. Można przypuszczać, że wielkość zamulenia wynosi: 0,2% pojemności misy – Pogoria III; 5,4% – Przeczyce; 7,5% – Świerklaniec, Dzierżno Duże

– 2,3%, przy czym największe tempo zamulania jest znamienne dla Dzierżna Dużego, a następnie Przeczyce, Świerklańca, Pogorii III. Można uznać, iż tempo zamulania jest adekwatne do stopnia antropogenizacji zlewni.

5. W składzie mechanicznym osadów dennych najczęściej dominują frakcje pyłowe i ilaste, a piaszczyste charakteryzują się zdecydowanie mniejszym udziałem (wyjątek stanowi zbiornik Pogoria III). Średnia miąższość osadów dennych najczęściej zawarta jest w przedziale od kilku centymetrów (np. Pogoria III, Łąka, Pławniowice) do kilkudziesięciu centymetrów (Dzierżno Duże, Przeczyce, Świerklaniec) w zbiornikach przepływowych oraz od kilku do kilkunastu, rzadziej kilkudziesięciu centymetrów, w zbiornikach pozbawionych wyraźnej przepływowości (np. Boraki, Stawiki, Czechowice), a przestrzenne ich występowanie jest wysoce zróżnicowane. Rozkład osadów dennych w zbiornikach górnośląskich zależy od kształtu dna misy i jest zazwyczaj korzystny dla lokalnej kumulacji zanieczyszczeń, natomiast niesprzyjający szybkiej kolmatacji mis zbiornikowych (zwłaszcza poeksploatacyjnych o dużym nachyleniu ścian dawnej odkrywki).

6. Analizując skład chemiczny osadów, a zwłaszcza zawartość niektórych metali ciężkich, należy stwierdzić, że zasadniczym problemem jest tu przekroczenie przyjętego – za A. Kabatą-Pendias i H. Pendiasem (1993) – poziomu tła geochemicznego. W przypadku cynku, ołowiu i kadmu oraz niektórych wskaźników odnoszących się do miedzi i niklu jest to szczególnie charakterystyczne, ponieważ dokumentuje prawdopodobną rolę kompleksowego wpływu antropopresji w kształtowaniu zawartości pierwiastków śladowych w tych osadach. Zawartości te są bardzo często dużo wyższe niż proponowane przez K. Klimka i in. (1995) tło geochemiczne dla aluwiiw Przemszy z okresu przed-industrialnego, przekraczają też poziomy uznawane za naturalne, podawane przez D. Ciszewskiego (1992). Ilości omawianych pierwiastków można uznać za nawiązujące do zawartości oznaczonych w osadach dennych środkowej Odry i jej dopływów (Chwojnicka i in., 1993), Wisły i jej dopływów w rejonie Krakowa (Helios-Rybicka, Wardas, 1989), dolnej Przemszy, Wisły i niektórych rzek Europy (Ciszewski, 1992). Bardzo wyraźna na tym tle staje się skala antropogenicznych wpływów świadcząca o ich dużym zróżnicowaniu, a biorąc pod uwagę zbiorniki Pogoria III, Przeczyce i Świerklaniec, dodatkowo wskazuje rolę naturalnych uwarunkowań, wyrażoną zasobnością utworów budujących zlewnie w metale ciężkie. Zasadniczo wyraźne stają się związki mię-

dzy uziarnieniem osadów badanych zbiorników wodnych a zawartością metali ciężkich. Im bardziej drobnofrakcyjne osady, tym wyższy poziom ich zanieczyszczenia uzasadniany większymi możliwościami sorpcyjnymi. Takich związków można się dopatrywać również na podstawie ogólnie znanych zależności, licznie potwierdzanych doniesieniami naukowymi (np. Ciszewski, 1992; Kocel, 1997; Klimek, 1995; Klimek i in., 1995; Sobczyński i in., 1997).

7. Z przeprowadzonych badań zbiorników wodnych na Wyżynie Śląskiej i jej obrzeżach wynika, że osady denne są dobrym wskaźnikiem cech otaczającego środowiska. Dokumentując rolę zarówno naturalnych, jak i antropogenicznych czynników w kształtowaniu ich ilości, składu mechanicznego i chemicznego oraz właściwości fizykochemicznych, są doskonałym „rejestratorem” zjawisk i procesów zachodzących w środowisku geograficznym zlewni i otoczenia zbiorników. Podkreśla to również ich rolę jako doskonałego indykatora zmian ekologicznych oraz czynnika świadczącego o dynamice ewolucji sztucznych jezior.

8. Na podstawie przeprowadzonych obliczeń i przy założeniu stałości warunków środowiskowych można wnioskować o czasie żywotności obiektów, które są zróżnicowane i wynoszą około: 1,07 tys. lat (Przeczyce); 1,26 tys. lat (Świerklaniec); 1,48 tys. lat (Dzierżno Duże); ponad 22 tys. lat (Pogoria III). Za wyjątkiem Pogorii III czas żywotności badanych obiektów jest porównywalny z żywotnością niektórych innych zbiorników wodnych regionu górnośląskiego (np. Pogoria I – 1,6 tys. lat, Goczałkowice – 3 tys. lat, Dzierżno Małe – 2 tys. lat), a co ciekawe, z podawanym przez A. Choińskiego (1995) czasem dalszej egzystencji większości jezior polskich, które funkcjonują już co najmniej kilka tysięcy lat. Dowodzi to niezwykle szybkiego tempa ewolucji zbiorników wodnych regionu górnośląskiego. Tempo to dzięki antropogenicznej stymulacji jest zdecydowanie szybsze w porównaniu z obiektami naturalnymi pozbawionymi antropopresji.



## Literatura

- Babiński Z., Banach M., 1992: *Wpływ sztucznego zbiornika na Wiśle we Włocławku na przebieg procesów fluwialnych i stokowych*. W: Kotarba A. (red.): *System denudacyjny Polski*. Pr. Geogr., nr 155, s. 69–83.
- Badania i prognozy załadowienia zbiornika wodnego Poraj na Warcie*, 1989. ZEMPOL. Kraków (maszynopis).
- Bajkiewicz-Grabowska E., Magnuszewski A., Mikulski Z., 1993: *Hydrometria*. PWN. Warszawa, 313 s.
- Banach M., 1985: *Osady denne – wskaźnik hydrodynamiki zbiornika włocławskiego*. Prz. Geogr., T. 57, z. 4.
- Banach M., 1986: *Przekształcenia brzegów zbiornika Włocławskiego*. W: Szupryczyński J. (red.): *Zbiornik Włocławski – niektóre problemy z geografii fizycznej*. Dok. Geogr., z. 5.
- Banach M., 1988a: *Główne procesy a osady w strefie brzegowej zbiornika Włocławek*. Prz. Geogr., T. 60, z. 3.
- Banach M., 1988b: *Katastrofalna zmiana jeziora Brzeźno*. W: Churski Z. (red.): *Materiały konferencji Komisji Hydrograficznej PTG w Bachotku* pt. „Naturalne i antropogeniczne przemiany jezior i mokradeł w Polsce”. UMK. Toruń, s. 108–111.
- Banach M., 1992a: *Wybrane cechy hydrologiczne zbiornika Orawa i jego osady denne*. Prz. Geogr., T. 64, z. 3–4, s. 326–339.
- Banach M., 1992b: *Morfodynamika form akumulacyjnych strefy brzegowej zbiornika Włocławek*. W: Banach M., Glazik R. (red.): *Zbiornik Włocławski – niektóre problemy z geografii fizycznej*. Dok. Geogr., z. 1. s. 9–39.
- Banach M., 1993a: *Sedymentacja w zbiorniku Włocławek a wyrównywanie linii brzegowej*. Czas. Geogr., T. 64, z. 3–4, s. 285–306.
- Banach M., 1993b: *Degradacja brzegów zbiornika Włocławek*. Prz. Geogr., T. 45, z. 1–2. s. 111–135.
- Banach M., 1994: *Morfodynamika strefy brzegowej zbiornika Włocławek*. Pr. Geogr., nr 161, 181 s.

- Banach M., 1995a: *Dynamika strefy brzegowej zbiornika*. W: Szupryczyński J. (red.): *Hydrologiczne i geomorfologiczne problemy zbiornika Włocławek*. 44. Zjazd PTG „Człowiek a środowisko” – przewodnik wycieczki nr 1. Oddz. Toruński PTG. IG UMK. ZGiHN IGiPZ PAN. Toruń.
- Banach M., 1995b: *Geologia i morfologia brzegów oraz dna zbiornika*. W: Szupryczyński J. (red.): *Hydrologiczne i geomorfologiczne problemy zbiornika Włocławek*. 44. Zjazd PTG „Człowiek a środowisko” – przewodnik wycieczki nr 1. Oddz. Toruński PTG. IG UMK. ZGiHN IGiPZ PAN. Toruń, s. 13–16.
- Banach M., Grześ M., 1981: *Zmiany jeziora Brzeźno wywołane pracami geofizycznymi*. Czas. Geogr., T. 52, z. 1, s. 61–67.
- Bartkowski T., 1962: *O terasach nad jeziorem Pakowskim (Wysoczyzna Kujawska)*. Czas. Geogr., T. 33, z. 3, s. 339–350.
- Boguczanskoje wodochroniliszczje. *Podziemnyje wody i inżynierska geologia*. 1979. Izd. Nauka. Nowosybirsk, 156 s.
- Bucka H., 1993: *Fitoplankton w zbiornikach zaporowych*. W: Dynowska I. (red.), Maciejewski M. (red.): *Dorzecze Górnej Wisły. Część 2*. PWN. Warszawa–Kraków, s. 51–59.
- Bukowska-Jania E., Pulina M., 1997: *Studia nad środowiskiem geograficznym Bornego Sulinowa*. PWN. Warszawa, s. 193.
- Bukowy S., 1974: *Monoklina Śląsko-Krakowska i zapadlisko górnośląskie*. W: Pożaryski W. (red.): *Budowa geologiczna Polski*. T. 4. Cz. 1: *Tektonika*. Wyd. Geol. Warszawa, s. 363–375.
- Buzek L., 1981: *Eroze proudící vodou v centrální části Moravsko-Slezských Beskyd. Spisy Pedagogické fakulty v Ostravě*, 45. Státní pedagogické nakladatelství. Praha, 109 s.
- Celiński F., Czylok A., Kubajak A., 1996: *Przewodnik przyrodniczy po Dąbrowie Górniczej*. Wyd. Planta. Krzeszowice, 72 s.
- Celiński F., Szczypek T., Wika S., 1991: *Waloryzacja szaty leśnej województwa katowickiego na tle przeobrażeń niektórych elementów środowiska geograficznego*. W: *Zmiany środowiska geograficznego w warunkach silnej antropopresji (wybrane zagadnienia)*. Cz. 3. WNoZ UŚ. Fund. Ekol. „Silesia”. Sosnowiec, s. 1–43.
- Charakterystyka klimatologiczna województwa katowickiego*, 1992. IMiGW. Katowice.
- Chmura J., 1985: *Próba opracowania modelu matematycznego zmian stężenia zawiesiny zbiornika wodnego w terenach przemysłowych*. W: „Folia Geographica. Ser. Geogr. Phys.”, Vol. 17, s. 93–119.
- Choiński A., 1995: *Zarys limnologii fizycznej Polski*. Wyd. Nauk. UAM. Poznań, 298 s.
- Chomiak T., Cyberski J., Mikulski Z., 1969: *Akumulacja rumowiska w zbiornikach retencyjnych*. Prace PIHM, z. 96. WKiŁ. Warszawa.
- Chwojnicka M., Pasierbska D., Ponikowski A., 1993: *Kumulacja metali ciężkich w środowisku wodnym środkowej Odry*. W:

- Konferencja Naukowo-Techniczna „Odra i jej dorzecze”*. Zesz. Nauk. Akad. Roln. we Wrocławiu, nr 232. *Inżynieria Środowiska*, III. AR. Wrocław, s. 119–127.
- Ciszewski D., 1992: *Monitoring metali ciężkich w osadach rzecznych*. Aura, nr 5, s. 8–9.
- Cyberski J., 1965: *Procesy denudacyjne w strefie przybrzeżnej zbiornika Rożnowskiego*. W: Wiad. Służby Hydrol. i Meteorol., T. 3, z. 4.
- Cyberski J., 1969: *Sedymentacja rumowiska w zbiorniku Rożnowskim*. Prace PIHM, z. 96. PIHM. Warszawa.
- Czaja S., 1988: *Wpływ górnictwa i przemysłownienia na reżim odpływu rzek w Górnośląskim Okręgu Przemysłowym na przykładzie zlewni Brynicy do profilu w Sosnowcu*. W: Dynowska I. (red.): *Antropogeniczne uwarunkowania zmian i reżimu rzek w różnych regionach Polski*. Dok. Geogr., z. 4. s. 65–77.
- Czaja S., 1999: *Zmiany stosunków wodnych w warunkach silnej antropopresji (na przykładzie konurbacji katowickiej)*. Wyd. UŚ. Katowice, 189 s.
- Czaja S., Radosz J., 1993: *Sezonowy i roczny rozkład opadów śladowych w regionie Górnośląskiego Okręgu Przemysłowego w latach 1961–1985*. W: „Geographia. Studia et Dissertationes. T. 18. Szczypek T. (red.). Wyd. UŚ. Katowice, s. 9–29.
- Czyłok A., Rahmonow O., Rzętała M., Tyc A., 1998: *Antropogeniczne przekształcenia krajobrazu w regionach eksploatacji rud cynku i ołowiu oraz piasków podsadzkowych*. W: Rzętała M., Szczypek T. (red.): 47. Zjazd PTG „Geografia w kształtowaniu i ochronie środowiska oraz transformacji gospodarczej regionu górnośląskiego” – przewodnik sesji terenowych. III. Oddz. Katowicki PTG. WNoZ UŚ. Sosnowiec, s. 7–32.
- Dobrzański B., Uziak S., Klimowicz Z., Melke J., 1987. *Badanie gleb w laboratorium i w polu. Przewodnik do ćwiczeń z gleboznawstwa dla studentów biologii i geografii*. UMCS. Lublin, 332 s.
- Drwal J., Gołębiowski R., 1968: *Próba klasyfikacji brzegów i niektóre procesy brzegowe Jeziora Raduńskiego*. W: „Zeszyty Geograficzne WSP w Gdańsku”, R. 10. Gdańsk, s. 185–197.
- Dulias R., Jankowski A.T., 1990: *The map of relief changes in Katowice Province. Part II: Main signs of anthropogenic changes of the relief*. W: „Fotointerpretacja w Geografii”. T. X (20). Pulina M. (red.). Wyd. UŚ. Katowice, s. 23–40.
- Dulias R., Pełka-Gościński J., 1998: *Influence of municipal land-fill sites on the geographical environment: a case study of Katowice Province*. W: Szabó J., Wach J. (eds.): *Anthropogenic aspects of geographical environment transformations*. Lajos Kossuth University. University of Silesia. Debrecen-Sosnowiec, s. 87–93.
- Dulias R., Rudnicka M., 2000: *Typy brzegów antropogenicznych zbiorników wodnych na obszarze między Sosnowcem, Katowicami i Mysłowicami*. W: *Kształtowanie środowiska geograficznego i ochro-*

- na przyrody na obszarach uprzemysłowionych i zurbanizowanych*, 30. WBiOŚ UŚ. WNoZ UŚ. Katowice–Sosnowiec, s. 7–14.
- Dwucet K., Krajewski W., Wach J., 1992: *Rekultywacja i rewalo-ryzacja środowiska przyrodniczego*. Wyd. UŚ. Katowice, 150 s.
- Flis J., 1982: *Szkolny słownik geograficzny*. Wyd. Szkolne i Pedagogiczne. Warszawa, 271 s.
- Furmańczyk K., 1994: *Współczesny rozwój strefy brzegowej morza bezodpływowego w świetle badań teledetekcyjnych południowych wybrzeży Bałtyku*. W: „Rozprawy i Studia”. T. (CCXXXV) 161. Uniw. Szczeciński. Szczecin, 149 s.
- Galicka W., 1996: *Limnologiczna charakterystyka nizinnego zbiornika zaporowego na Pilicy w latach 1981–1993*. Wyd. Uniw. Łódzkiego. Łódź, s. 142.
- Gierszewski P., 1995: *Przekształcenia brzegów spowodowane naporem lodu na zbiorniku stopnia wodnego Włocławek*. W: „Kaskada”. Nr 1–2. Fundacja „Kaskada Dolnej Wisły”. Włocławek, s. 16–18.
- Gilewska S., 1972: *Wyżyny Śląsko-Małopolskie*. W: Klimaszewski M. (red.): *Geomorfologia Polski*. 1: Polska Południowa – góry i wyżyny. PWN. Warszawa.
- Głodek J., 1985: *Jeziora zaporowe świata*. PWN. Warszawa, 174 s.
- Gołębiewski R., 1993: *Akumulacja materii stałej*. W: Lange W. (red.): *Metody badań fizyczno-limnologicznych*. Wyd. UG. Gdańsk, s. 136–163.
- Gonczarow W.N., 1962: *Dynamika rusłowych potoków*. Leningrad.
- Grochulski J. (red.), 1980: *Monografia zbiornika wodnego Otmuchów*. WKiŁ. Warszawa, 120 s.
- Grześ M., 1973: *Metodyka i wstępne wyniki badań nad termiką osadów dennych jeziora Gopło*. Prz. Geogr., T. 45, z. 1, s. 119–133.
- Gutry-Korycka M., Werner-Więckowska H. (red.), 1989: *Przewodnik do hydrograficznych badań terenowych*. PWN. Warszawa, s. 275.
- Helios-Rybacka E., Wardas M., 1989: *Metale ciężkie w dolinie Wisły i jej dopływów w rejonie Krakowa*. Prz. Geol., nr 6, s. 327–329.
- Herausgegeben von der Preußischen Landes aufnahme 1883. Hauptvermessungsabteilung II*. Breslau, 1943.
- Ikonnikow L., 1995: *Stan brzegów zbiorników wołżańskich*. W: Ba-biński Z., Szupryczyński J. (red.): 44. Zjazd PTG „Człowiek a środowisko” – referaty i postery. Oddz. Toruński PTG. IG UMK. ZGiHN IGiPZ PAN. Toruń, s. 52–55.
- Jaguś A., 1997: *Procesy brzegowe w obrębie zbiornika Poraj*. UŚ. Sosnowiec, 77 s. (maszynopis).
- Jaguś A., 2000: *Procesy brzegowe w obrębie zbiornika Poraj*. W: „Geographia. Studia et Dissertationes”. T. 23. Szczypek T. (red.). Wyd. UŚ. Katowice, s. 59–90.
- Jaguś A., Rzętała M., 2000: *Zbiornik Poraj – charakterystyka fizyczno-geograficzna*. WNoZ UŚ. Sosnowiec, 82 s.
- Jaguś A., Rzętała M.A., Rzętała M., 1998: *Morfologia strefy litoralnej jako indyktor ewolucji sztucznych zbiorników wodnych*. IV

- Zjazd Geomorfologów Polskich „Główne kierunki badań geomorfologicznych w Polsce. Stan aktualny i perspektywy”*. Wyd. UMCS. Lublin, s. 413–414.
- Jaguś A., Michalewicz M., Rzętała M., 1995: *Czynniki stymulujące rozwój procesów brzegowych popiaskowych zbiorników wodnych Wyżyny Śląskiej. XXIV Ogólnopolski Zjazd SKNG, KKSKNG, SKNG UŚ. Sosnowiec*, s. 42–45.
- Jahn A., 1955: *Dolina Kłodnicy i stratygrafia utworów plejstocénskich pod Gliwicami (Górny Śląsk)*. W: „Biuletyn IG”. Nr 97. Wyd. Geol. Warszawa, s. 311–335.
- Jankowski A.T., 1986: *Antropogeniczne zmiany stosunków wodnych na obszarze uprzemysłowionym i zurbanizowanym (na przykładzie Rybnickiego Okręgu Węglowego)*. Wyd. UŚ. Katowice, 277 s.
- Jankowski A.T., 1987: *Wpływ urbanizacji i uprzemysłowienia na zmianę stosunków wodnych w regionie śląskim w świetle dotychczasowych badań*. W: „Geographia. Studia et Dissertationes. T. 10. Szczepanek T. (red.). Katowice, s. 62–96.
- Jankowski A.T., 1995: *Z badań nad antropogenicznymi zbiornikami wodnymi na obszarze górnośląskim*. W: *Wybrane zagadnienia geograficzne. Pamięci geografów Uniwersytetu Śląskiego Józefa Szaflarskiego i Piotra Modrzejewskiego*. WNoZ UŚ. Oddz. Katowicki PTG. Sosnowiec, s. 12–18.
- Jankowski A.T., 1999: *Antropogeniczne zbiorniki wodne na obszarze górnośląskim*. W: „Acta Universitatis Nicolai Copernici”. Geografia 29. Nauki Matematyczno-Przyrodnicze, Z. 103. UMK. Toruń, s. 129–142.
- Jankowski A.T., Rzętała M., 1998: *Eutrofizacja sztucznych zbiorników wodnych na Wyżynie Śląskiej i jej obrzeżach*. W: Lange W., Borowiak D. (red.): *Zagrożenia degradacyjne a ochrona jezior*. Wyd. DJ. Gdańsk, s. 27–31.
- Jankowski A.T., Wach J., 1980: *Uwagi o zbiornikach antropogenicznych na terenie GOP i jego obrzeżeniach*. W: *Materiały VII Sympozjum Polsko-Czechosłowackiego „Przeobrażenia środowiska geograficznego w obszarach uprzemysłowionych i zurbanizowanych”*. Oddz. Katowicki PTG. Sosnowiec-Kozubnik, s. 65–76.
- Janosz-Rajczyk M., 1993: *Wpływ Kanału Gliwickiego na stan sanitarny dzielnicy Łabędy*. W: *Konferencja „Ekologia miasta”*. Referaty. Gliwice, s. 38–40.
- Jańczak J., 1983: *Geneza i główne etapy rozwoju jezior Pojezierza Sławskiego*. Czas. Geogr., T. 54, z. 3, s. 337–355.
- Jędrzak A., Czyrski T., 1990: *Zawartość metali ciężkich w wodzie i osadzie dennym Odry na odcinku Nowa Sól-Kostrzyń*. Gosp. Wodna, nr 12, s. 280–284.
- Kabata-Pendias A., Pendias H., 1993: *Biogeochemia pierwiastków śladowych*. PWN. Warszawa, 364 s.

- Kajak Z., 1979: *Eutrofizacja jezior*. PWN. Warszawa, 233 s.
- Kajak Z., 1995: *Eutrofizacja nizinnych zbiorników zaporowych*. W: Zalewski M. (red.): *Procesy biologiczne w ochronie i rekultywacji nizinnych zbiorników zaporowych*. Biblioteka Monitoringu Środowiska. PIOŚ. WIOŚ. ZES UŁ. Łódź, s. 33–41.
- Kamiński A., 1987: *Meteorologiczne warunki rozprzestrzeniania się zanieczyszczeń atmosferycznych w Górnośląskim Okręgu Przemysłowym*. W: Szczypek T., Wach J. (red.): *Problemy geograficzne Górnośląsko-Ostrawskiego Regionu Przemysłowego*. ODN IKN Katowice. UŚ Sosnowiec, s. 57–59.
- Kapała J., 1990: *Zmiany jakości powietrza atmosferycznego w rejonie oddziaływania Kombinatu Metalurgicznego „Huta Katowice”*. W: *Kombinat Metalurgiczny „Huta Katowice” w Dąbrowie Górniczej a zmiany środowiska przyrodniczego*. Biuletyn nr 5. Komitet Inżynierii Środowiska. Ossolineum. Wrocław–Warszawa–Kraków, s. 83–94.
- Karweta S., 1990: *Oddziaływanie „Huty Katowice” na skład chemiczny roślin i gleb w obszarze strefy ochronnej*. W: *Kombinat Metalurgiczny „Huta Katowice” w Dąbrowie Górniczej a zmiany środowiska przyrodniczego*. Biuletyn nr 5. Komitet Inżynierii Środowiska PAN. Ossolineum. Wrocław–Warszawa–Kraków, s. 169–182.
- Klimaszewski M., 1978: *Geomorfologia*. PWN. Warszawa.
- Klimaszewski M., 1995: *Geomorfologia*. PWN. Warszawa.
- Klimek K. 1995: *Metale ciężkie w aluwjach Rudy (Górny Śląsk) jako wskaźnik rolniczej i przemysłowej antropopresji w ostatnich stuleciach*. W: *Materiały Sympozjum Polsko-Czeskiego „Przeobrażenia środowiska geograficznego w przygranicznej strefie górnośląsko-ostrawskiego regionu przemysłowego”*. WNoZ UŚ. PK „CKKRW”. Sosnowiec, s. 48–56.
- Klimek K., Zawilińska L., 1985. *Trace elements in aluvia of the Upper Vistula as indicator of Palehydrology*. *Earth Surf. Proces. and Landforms*, 10, s. 273–280.
- Klimek K., Łajczak A., Zawilińska L., 1990: *Sedimentary environment of modern Dunajec delta in artificial Rożnów Lake, Carpathian Mts., Poland*. *Quaest. Geogr.*, Vol. 11/12 [Poznań].
- Klimek K., Niewdana J., Ciszewski D., Kocel K., 1995: *Procesy i osady fluwialne we wschodniej części Górnego Śląska*. W: *III Zjazd Geomorfologów Polskich „Procesy geomorfologiczne. Zapis w rzeźbie i osadach.” 2: Przewodnik wycieczek*. WNoZ UŚ. SGP. Sosnowiec, s. 47–72.
- Kocel K., 1997: *Osady denne stawów jako wskaźnik zmian zaistniałych w środowisku przyrodniczym doliny Rudy*. W: *Scripta Rudensia*, 7. PK „Cysterskie Kompozycje Krajobrazowe Rud Wielkich”, s. 75–84.
- Kocyan J., 1989: *Zbiornik w Przeczycach*. WKiŁ. Warszawa, 82 s.
- Kondracki J., 1978: *Geografia fizyczna Polski*. PWN. Warszawa, 463 s.
- Kondracki J., 1994: *Geografia Polski. Mezoregiony fizycznogeograficzne*. PWN. Warszawa, 340 s.

- Kondracki J., 1998: *Geografia regionalna Polski*. PWN. Warszawa, s. 441.
- Kondracki J., Mikulski Z., 1990: *Badania jeziorne w Warszawskim Ośrodku Geograficznym*. Prz. Geofiz., R. 35, z. 3–4.
- Korcz M., Strzyszczyński Z., 1995: *Zanieczyszczenie metalami ciężkimi osadów dennych wybranych zbiorników antropogenicznych województwa katowickiego*. W: Gromiec M.J. (red.): *Materiały XVI Symposium „Problemy ochrony, zagospodarowania i rekultywacji antropogenicznych zbiorników wodnych”*. Polski Komitet Międzynarodowego Stowarzyszenia Jakości Wody IAWQ d IAWPRC. Zabrze, s. 265–283.
- Korolec H., 1968: *Procesy brzegowe i zmiany linii brzegowej Jeziora Mikołajskiego*. Pr. Geogr. IG PAN, nr 73, 68 s.
- Kostecki M., 2000: *Zawiesina jako element zanieczyszczenia antropogenicznego ekosystemu wodnego na przykładzie zbiornika zaporowego Dzierżno Duże (woj. śląskie)*. Archiwum ochrony środowiska, Vol. 26, nr 4, s. 75–94.
- Kostrzewski A., Zwoliński Z., 1988: *Morphodynamics of the cliffed coast, Wolin Island*. Geogr. Polon., T. 55, s. 67–81.
- Kostrzewski A., Mazurek M., Tomczak G., Zwoliński Z., 1994: *Geosystem jeziora Czarnego, zlewnia górnej Parsęty*. W: Kostrzewski A. (red.): *Zintegrowany Monitoring Środowiska Przyrodniczego. Stacja Bazowa Storkowo*. PIOŚ. IBCz UAM. Biblioteka Monitoringu Środowiska. Warszawa, s. 187–211.
- Kowalewski A., Kozacki L., 1997: *Zmiany hydrotopów okolic Koni wywołane odkrywkową eksploatacją węgla brunatnego*. W: Chojński A. (red.): *Konferencja naukowa „Wpływ antropopresji na jeziora”*. Wyd. HOMINI. Poznań–Bydgoszcz, s. 80–85.
- Kozłowski J., Kostecki M., 1995: *Metale ciężkie jako element zagrożenia antropogenicznego zbiornika wodnego*. W: Gromiec M.J. (red.): *Materiały XVI Symposium „Problemy ochrony, zagospodarowania i rekultywacji antropogenicznych zbiorników wodnych”*. Polski Komitet Międzynarodowego Stowarzyszenia Jakości Wody IAWQ d IAWPRC, Zabrze, s. 323–328.
- Kozyreva E.A., Rzętała M.A., 1999: *Anthropogenic water reservoirs and development of natural relief transformation processes (a case study from the Silesian Upland and its borders)*. In: Snytko V.A., Szczepke T., (eds.): *Modern nature use and anthropogenic processes*. IG SB RAS. University of Silesia. Irkutsk–Sosnowiec, s. 56–60.
- Kozyreva E.A., Rzętała M.A., Rzętała M., 2000: *Water reservoirs in the Silesian Upland and its borders – selected anthropogenic conditions for the course of limnic processes*. W: Jankowski A.T., Pirozhnik I.I. (eds.): *Nature use in the different conditions of human impact*. Belarus University. University of Silesia. Mińsk–Sosnowiec, s. 156–163.

- Krawczyk W.E. 1992: *Metody terenowej analityki wód krasowych*. W: Kostrzewski A., Pulina M. (red.): *Metody hydrochemiczne w geomorfologii dynamicznej*. UŚ-UAM. Katowice-Poznań, s. 65-83.
- Krawczyk W.E., 1999: *Hydrochemia. Ćwiczenia laboratoryjne dla III roku geografii*. Wyd. UŚ. Katowice, 89 s.
- Kropka J., 1990: *Wpływ zanieczyszczonych wód powierzchniowych na jakość wód podziemnych zbiornika serii węglanowej triasu gliwickiego*. W: Różkowski A. (red.): *Szczelinowo-krasowe zbiorniki wód podziemnych Monokliny Śląsko-Krakowskiej i problemy ich ochrony*. SGGW-AR. Warszawa, s. 102-104.
- Krygowski B., 1964: *Graniformometria mechaniczna, teoria i zastosowanie*. Prace Kom. Geogr.-Geol., 2, 4. PTPN. Poznań.
- Lange W. (red.), 1993: *Metody badań fizyczno-limnologicznych*. Wyd. UG. Gdańsk, 175 s.
- Lencewicz S., 1925: *Badania jeziorne w Polsce*. Prz. Geogr., T. 5.
- Leszczycki S., Tokarski Z., 1970: *Niektóre problemy warunków bytowych w Górnośląskim Okręgu Przemysłowym*. PAN. Wrocław-Warszawa-Kraków.
- Leśniok M., 1996: *Zanieczyszczenie wód opadowych w obrębie Wyżyny Śląsko-Krakowskiej*. Wyd. UŚ. Katowice, s. 124.
- Lewandowski J., 1982: *Zasięg lądolodu zlodowacenia środkowopolskiego na Wyżynie Śląskiej*. Biuletyn IG. Z badań czwartorzędu w Polsce, **26**.
- Lewandowski J., Kaziuk H., 1982: *Ewolucja kopalnej sieci rzecznej regionu śląsko-krakowskiego*. Kwart. Geol., T. 26, nr 1, s. 177-190.
- Lewandowski J., Zieliński T., 1990: *Wiek i geneza osadów kopalnej doliny Białej Przemszy (Wyżyna Śląska)*. Biuletyn PIG, 364.
- Lindner L. (red.), 1992: *Czwartorzęd. Osady. Metody badań. Stratygrafia*. Wyd. PAE. Warszawa.
- Łajczak A., 1986: *Zamulenie i lokalizacja zbiorników zaporowych w polskich Karpatach*. Gosp. Wodna, nr 2, s. 47-50.
- Łajczak A., 1995: *Studium nad zamulaniem wybranych zbiorników zaporowych w dorzeczu Wisły*. W: *Monografie Komitetu Gospodarki Wodnej Polskiej Akademii Nauk*. Z. 8. Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej. Warszawa, 105 s.
- Łopuch P.S., 1995: *Roślinność wodna sztucznych zbiorników wodnych na Białorusi*. W: *Kształtowanie środowiska geograficznego i ochrona przyrody na obszarach uprzemysłowionych i zurbanizowanych*. 19. WBiOŚ UŚ. WNoZ UŚ. Katowice-Sosnowiec, s. 34-41.
- Mapa geologiczna Polski (mapa utworów powierzchniowych) w skali 1:2000000. Mapa podstawowa w skali 1:50 000*. 1979. Wyd. Geol. Warszawa.
- Mapa geologiczna Górnośląskiego Zagłębia Węglowego (mapa bez utworów czwartorzędowych) w skali 1:50 000*, ark. Zabrze. 1954. Inst. Geol., Warszawa.



- Mapa topograficzna Górnośląskiego Okręgu Przemysłowego (obwódka), 1 : 25 000, 1960. Warszawa.*
- Marchwińska E., Kucharski R., Karpińska-Bisanz D., 1988: *Zanieczyszczenie gleb i wybranych roślin uprawnych metalami ciężkimi i benzo-a-pirenem w obrębie Zabrza*. W: Konstantynowicz E. (red.): *Referaty na konferencję naukową pt. „Problemy zagrożenia środowiska przyrodniczego aglomeracji miejsko-przemysłowej Zabrza”*. Oddz. Górnośląski PTPNoZ. Sosnowiec, s. 83–92.
- Mastyński J., 1987: *Zbiornik zaporowy Porąbka na Sole*. Gosp. Wodna, nr 8, s. 182–184.
- Matuszkiewicz W., 1981: *Przewodnik do oznaczania zbiorowisk roślinnych Polski*. PWN. Warszawa, 298 s.
- Michalewicz M., Rzętała M., Wach J., 1995: *Procesy brzegowe w obrębie antropogenicznych zbiorników wodnych na Wyżynie Śląskiej. III Zjazd Geomorfologów Polskich „Procesy geomorfologiczne. Zapis w rzeźbie i osadach”*. Sosnowiec, s. 54–56.
- Mill W. (red.), 1980: *Doskonalenie i weryfikacja modeli rozprzestrzeniania zanieczyszczeń oraz doskonalenie metod prognozowania zmian jakości wody dla wybranych rzek i zbiorników związanych z systemami pilotowymi*. IKŚ – Oddz. w Katowicach. Centrum Ochrony Środowiska. Zakład Ochrony i Użytkowania Wód. Katowice, 240 s. (maszynopis).
- Molenda T., Rzętała M.A., Rzętała M., 2001: *Anthropogenic changes in relief in the Silesian Upland – forms and processes*. W: *Současný stav geomorfologických výzkumů. Ostrava–Kružberk, 5.–7. dubna 2001*. Ostravska univerzita. Česká Asociace Geomorfologů. Ostrava, s. 107–109.
- Musielak S., 1990: *Morfodynamika morskich plaż piaszczystych*. W: *Studia i Mat. Oceanol.*, nr 55. *Brzeg morski*, 1, Gdańsk, s. 67–78.
- Mycielska-Dowgiałło E., Rutkowski J., (red.), 1995: *Badania osadów czwartorzędowych. Wybrane metody i interpretacja wyników*. Warszawa, 356 s.
- Myślińska E., 1998: *Laboratoryjne badania gruntów*. PWN, Warszawa, 278 s.
- Niedźwiedź T., 1998: *Rola cyrkulacji atmosfery w kształtowaniu klimatu Górnego Śląska*. W: Rzętała M., Szczypek T. (red.): *47. Zjazd PTG „Geografia w kształtowaniu i ochronie środowiska oraz transformacji gospodarczej regionu górnośląskiego” – obrady plenarne*. UŚ. Sosnowiec, s. 35–49.
- Nowaczyk B., 1988: *Późnovistuliańska i holocenińska ewolucja jezior Polski Środkowej*. W: Churski Z. (red.): *Materiały konferencji Komisji Hydrograficznej PTG w Bachotku „Naturalne i antropogeniczne przemiany jezior i mokradeł w Polsce”*. Uniw. Mikołaja Kopernika. Toruń, s. 54–57.

- Nowaczyk B. (red.), 1994: *Warsztaty terenowe „Geomorfologia i osady strefy litoralnej jezior”*. Charzykowy, 6–10.09.1994 r. IBCz UAM. KBCz PAN. Poznań, 76 s.
- Nowaczyk B., Ostoja-Zagórski J., Pazdur A., Romanowska-Grabowska O., 1981: *Zmiany poziomu wód w Jeziorze Wolskim w świetle badań archeologicznych i datowań metodą C<sup>14</sup>*. W: „Badania Fizjograficzne nad Polską Zachodnią”. T. 34. Warszawa-Poznań.
- Obincov M.M. (red.): 1975: *Ust’-Ilmskoje wodochraniliszcze. Podziemnyje wody i inżynierska geologia territorii*. Izd. Nauka. Nowosybirsk, 218 s.
- Ostrowska E., Ośródk L., 1987: *Klimat województwa katowickiego*. W: *Materiały 36 Ogólnopolskiego Zjazdu Polskiego Towarzystwa Geograficznego*. Część 2: *Obrady sekcyjne*. WNoZ UŚ. Oddz. Katowicki PTG. Sosnowiec-Katowice, s. 28–30.
- Owczinnikow G.I., 1996: *Wpływ procesów abrazyjnych na rozwój strefy przybrzeżnej zbiorników wodnych angarskiej kaskady elektrowni wodnych*. W: *Kształtowanie środowiska geograficznego i ochrona przyrody na obszarach uprzemysłowionych i zurbanizowanych*, 23. WBiOŚ UŚ. WNoZ UŚ. Katowice-Sosnowiec, s. 38–42.
- Owczinnikow G.I., Karnauchowa G.A., 1985: *Pribieżnyje nano-sy i donnyje otłożennia Brackowo wodochraniliszcza*. Izd. Nauka. Nowosybirsk, 68 s.
- Owczinnikow G.I., Pawłow S.H., Trzcinskij J.B., 1999: *Izmienienie geologicznej sriedy w zonach wliannia Angaro-Jenisejskich wodochraniliszcz*. Izd. Nauka. Nowosybirsk, 254 s.
- Pasternak K., 1964: *Observations on the transformation of banks in the Goczałkowice Reservoir*. Acta Hydrobiol., T. 6. Zakład Biologii Wód PAN, Kraków, s. 27–39.
- Pasternak K., Gliński J., 1972: *Occurrence and cumulation of microcomponents in bottom sediments of dam reservoirs of Southern Poland*. Acta Hydrobiol., T. 14. Zakład Biologii Wód PAN, Kraków, s. 225–255.
- Patorska J., 1990: *Procesy brzegowe i ich wpływ na charakter piaszków plażowych w obrębie zbiornika antropogenicznego Pogoria III*. KGF UŚ. Sosnowiec (maszynopis).
- Piasecki D., 1960: *Przyczynek do znajomości morfologii jezior rynnowych*. Czas. Geogr., T. 31, z. 4, s. 417–428.
- Polska Norma PN-80/B-01800, 1980: *Antykorozyjne zabezpieczenia w budownictwie. Konstrukcje betonowe i żelbetowe. Klasyfikacja i określenie środowisk*. Wyd. Normalizacyjne. Warszawa.
- Pulina M., 1992: *Denudacja krasowa*. W: Kostrzewski A., Pulina M., (red.): *Metody hydrochemiczne w geomorfologii dynamicznej*. UŚ-UAM. Katowice-Poznań, s. 16–39.
- Rahmonow O., 1999: *Procesy zarastania Pustyni Błędowskiej*. WNoZ UŚ. Sosnowiec, 72 s.

- Racinowski R., 1994: *Współczesny rozwój Wybrzeża Bałtyku na Po-brzeżu Szczecińskim*. W: *Ogólnopolski Zjazd Polskiego Towarzystwa Geograficznego. Referaty i postery*. Oddz. Lubelski PTG. UMCS. Lublin, s. 56–57.
- Racinowski R., Szczypek T., 1985: *Prezentacja i interpretacja wy-ników badań uziarnienia osadów czwartorzędowych*. Wyd. UŚ. Kato-wice, 143 s.
- Racinowski R., Szczypek T., Wach J., 2001: *Prezentacja i inter-pretacja wyników badań uziarnienia osadów czwartorzędowych*. Wyd. UŚ. Katowice, 146 s.
- Raport z prac badawczo-rozwojowych „Metoda rekultywacji strefy cof-kowej zbiornika retencyjnego Kozłowa Góra”, 1997 Politechnika Krakowska. IGiPW. Kraków.*
- Ratomski J., Stonawski J., 1991: *Metodyka pomiarów i dokładność metod obliczeniowych kubatury czasz dużych zbiorników retencyj-nych*. Gosp. Wodna, nr 3, s. 64–67.
- Reczyńska-Dutka M., 1984: *Heavy metals in rain water collected over the reservoirs Kozłowa Góra and Goczałkowice*. Ekol. Pol., T. 32, nr 4, s. 679–791.
- Rostański K., 1990: *Przemiany antropogeniczne w fitocenozach leś-nych wokół Kombinatu Metalurgicznego „Huta Katowice” w pierw-szym 10-leciu jego działalności produkcyjnej*. W: *Kombinat Metalur-giczny „Huta Katowice” w Dąbrowie Górniczej a zmiany środowiska przyrodniczego*. Biuletyn nr 5. Komitet Inżynierii Środowiska PAN. Ossolineum. Wrocław–Warszawa–Kraków, s. 135–168.
- Rostański K. (red.), 1997: *Przyroda województwa katowickiego*. Wyd. Kubajak. Krzeszowice, 192 s.
- Rózkowski A., Chmura A., Siemiński A. (red.), 1997: *Użytkowe wody podziemne Górnośląskiego Zagłębia Węglowego i jego obrze-żenia*. Prace PiG, 159 PiG. Warszawa, s. 152.
- Rózkowski A., Kowalczyk A., Witkowski A., 1996: *Występowanie, zasoby i użytkowanie zwykłych wód podziemnych w zlewni gór-nej Odry i górnej Wisły w zasięgu województwa katowickiego i biel-skiego*. Prz. Geol., T. 44, nr 8, s. 834–839.
- Rózkowski A., Mitas B., Witkowski A., 1989: *Zmiany jakości wód triasu gliwickiego*. W: *Wody szczelinowo-krasowe i problemy ich ochrony*. Wyd. SGGW AR, z. 10, s. 94–100.
- Rühle E., 1932: *Jezioro Hańcza na Pojezierzu Suwalskim*. Wiad. Służ-by Geogr., 4.
- Runge J., 1992: *Wybrane zagadnienia analizy przestrzennej w bada-niach geograficznych*. Wyd. UŚ. Katowice, 140 s.
- Runge J., Zadrozny T., 1989: *Delimitacja konurbacji katowickiej*. W: Rykiel Z. (red.): *Struktury i procesy społeczno-demograficzne w re-gionie katowickim*. Prace Geograficzne IGiPZ PAN, nr 151. PAN. Wro-cław–Warszawa–Kraków–Gdańsk–Łódź, s. 23–28.

- Ryborz-Masłowska S., Moraczewska-Majkut K., Krajewska J., 2000: *Metale ciężkie w wodzie i osadach dennych zbiornika w Kozłowej Górze na Górnym Śląsku*. W: Arch. Ochr. Środ., Vol. 26, nr 4, s. 127–140.
- Rzętała M., 1993: *Warunki środowiskowe zbiornika antropogenicznego Pogoria III*. KGF WNoZ UŚ, Sosnowiec. 84 s (maszynopis).
- Rzętała M., 1994: *Klasyfikacja wybrzeży i procesy brzegowe wybranych zbiorników antropogenicznych Kotliny Dąbrowskiej*. W: *Kształtowanie środowiska geograficznego i ochrona przyrody na obszarach uprzemysłowionych i zurbanizowanych*, 14. WBiOŚ UŚ. WNoZ UŚ. Katowice–Sosnowiec, s. 29–37.
- Rzętała M., 1996: *Procesy termiczne w wodzie zbiornika Pogoria III w Dąbrowie Górniczej*. W: „Geographia. Studia et Dissertationes”. T. 20. Szczypek T. (red.), UŚ. Katowice, s. 59–71.
- Rzętała M. A., 1997: *Procesy brzegowe w obrębie sztucznych zbiorników wodnych jako przykład naturalnej reakcji środowiska na antropogenizację rzeźby*. W: 46. Zjazd Polskiego Towarzystwa Geograficznego „Przyrodnicze i społeczne walory Mazowsza w dobie restrukturyzacji”. Wystąpienia. Oddz. Akademicki PTG. IGiPZ PAN. WGiSR UW. Rynia–Warszawa, s. 69–70.
- Rzętała M.A., 1998: *Procesy brzegowe w obrębie zbiornika Dzierżno Duże*. W: „Geographia. Studia et Dissertationes”. T. 22. Szczypek T. (red.), Wyd. UŚ. Katowice, s. 29–51.
- Rzętała M., 1999: *Irkuck 1998 – sprawozdanie z wyjazdu naukowego*. W: Rzętała M. (red.): *Interakcja człowiek – środowisko w badaniach geograficznych*. SKNG UŚ. WNoZ UŚ. Sosnowiec, s. 108–112.
- Rzętała M., 2000a: *Bilans wodny oraz dynamika zmian wybranych zanieczyszczeń zbiornika Dzierżno Duże w warunkach silnej antropopresji*. Wyd. UŚ. Katowice, 176 s.
- Rzętała M., 2000b: *Wybrane problemy eksploatacji i ochrony zbiorników wodnych na obszarze województwa śląskiego*. W: Jankowski A.T., Myga-Piątek U., Ostaficzuk S. (red.): *Środowisko przyrodnicze regionu górnośląskiego – stan poznania, zagrożenia i ochrona*. WNoZ UŚ. Oddział Katowicki PTG. Sosnowiec, s. 117–131.
- Rzętała M., Rzętała M.A., 1998: *Origin and evolution of artificial water reservoirs as an example of anthropogenic transformations in the geographical environment*. W: Szabó J., Wach J. (ed.): *Anthropogenic aspects of geographical environment transformations*. Lajos Kosuth University. University of Silesia. Debrecen–Sosnowiec, s. 73–79.
- Rzętała M., Wach J., 1999: *Sztuczne zbiorniki wodne jako ogniwa migracji materii i energii*. W: *Materiały VI Zjazdu Białoruskiego Towarzystwa Geograficznego*. Mińsk, 27.09–1.10.1999 r. Uniwersytet Białoruski. Białoruskie Towarzystwo Geograficzne. Mińsk, s. 110–112.
- Skibniewski L., 1954: *Wahania poziomów zwierciadła wody większych jezior Pojezierza Pomorskiego i Mazurskiego*. Prz. Meteorol., T. 7, z. 3–4.

- Sobczyński T., 1992: *Oznaczanie ortofosforanów w wodzie metodą spektrofotometryczną*. W: Siepak J. (red.): *Fizyczno-chemiczna analiza wód i gruntów*. UAM. Poznań, s. 99–103.
- Sobczyński T., Zerbe J., Elbanowska H., Siepak J., 1997: *Specjacja metali ciężkich w osadach dennych Jeziora Góreckiego, poddanego ograniczonej antropopresji*. W: Choiński A. (red.): *Konferencja naukowa „Wpływ antropopresji na jeziora”*. ZHIGW IGF UAM. Wyd. HOMINI. Poznań–Bydgoszcz, s. 137–142.
- Szaflarski J., 1955: *Zarys rozwoju ukształtowania Wyżyny Śląskiej*. W: *Górny Śląsk. Prace i materiały kartograficzne*. Kraków.
- Szczegółowa mapa geologiczna Polski w skali 1:50 000, ark. M 34–50 C Pyskowiec, 1955 r. Inst. Geol., Warszawa.
- Szczypek T., 1995: *Anthropogenic relief in the eastern part of the Silesian Upland*. In: „*Quaestiones Geographicae*, SI, 4. UAM. Poznań, s. 265–270.
- Szczypek T., Wach J., 1992: *Antropopresja a przebieg naturalnych procesów rzeźbotwórczych (na przykładzie Wyżyny Śląskiej)*. W: *Kształtowanie środowiska geograficznego i ochrona przyrody na obszarach uprzemysłowionych i zurbanizowanych*, 4. WBiOŚ. WNoZ UŚ. Katowice–Sosnowiec.
- Szczypek T., Wach J., Wika S., 1994: *Zmiany krajobrazów Pustyni Błędowskiej*. WNoZ UŚ. Sosnowiec, 87 s.
- Szilman P., Deryło A., Narloch L., 1995: *Wybrane aspekty badań fizykochemicznych i hydrobiologicznych zbiornika zaporowego w Kozłowej Górze*. W: Gromiec M.J. (red.): *Materiały XVI Sympozjum „Problemy ochrony, zagospodarowania i rekultywacji antropogenicznych zbiorników wodnych”*. Polski Komitet Międzynarodowego Stowarzyszenia Jakości Wody IAWQ d IAWPRC. Zabrze, s. 213–222.
- Tobolski K., 1995: *Osady denne*. W: Choiński A.: *Zarys limnologii fizycznej Polski*. Wyd. UAM. Poznań, s. 181–205.
- Tobolski K., 1997: *Paleoekologiczne sposoby identyfikacji wczesnych postaci antropopresji zbiorników jeziornych oraz ich otoczenia*. W: Choiński A. (red.): *Konferencja naukowa „Wpływ antropopresji na jeziora”*. ZHIGW IGF UAM. Wyd. HOMINI. Poznań–Bydgoszcz, s. 161–164.
- Troc M., 1975: *Drewno w górnictwie węglowym Zagłębia Górnośląskiego*. W: *Czasopismo Geograficzne*, t. XLVI, z. 4, s. 389–397.
- Trzcinski J.B., Leszczikow F.N., 1988: *Metodika inżynierno-geologicznych poszukiwań pobierzeży wodochroniliszcz Angaro-Jenieskowsko kaskada GES i waprosoy ochrany geologiczieskiej striedy w swiazi z razrabotkoj raionnoj planirowki*. W: Zołotariew G.S., Kuskowski W.S. (red.): *Formirowanie bieregow Angaro-Jenieskich wodochroniliszcz*. Izd. Nauka. Nowosybirsk, s. 44–50.
- Tuszyński M., Kelany A., Kostecki M., 1998: *Izotopy promieniotwórcze w osadach dennych zbiornika Dzierżno Duże*. [w:] *Streszczenia referatów na IV Konferencję Naukowo-Techniczną „Problemy*

*oczyszczania ścieków i ochrony wód w dorzeczu Odry*". Kudowa Zdrój, 17–20 maja 1998 r.

- Wach J., 1991: *Wpływ antropopresji na kształtowanie się rzeźby terenu województwa katowickiego*. W: Jankowski A.T., Szczypek T. (red.): *Materiały Sympozjum Polsko-Czeskiego „Człowiek i środowisko w górnośląsko-ostrowskim regionie przemysłowym”*. WNoZ UŚ. Sosnowiec, s. 115–119.
- Wach J., Szczypek T., 1996: *Prieobrazowania reliefu miastowości w rejonach górnodobywajuszczej promyszlennosti wsliedstwie osiedanij grunta (na primiere katowickowo wojewodstwa)*. W: *Geograficzeskie problemy prirodopolzowanija w usłowiach antropogiennoj dejatelnosti*. Biełoruskij Gosudarstwiennij Uniwersitet. Biełoruskoje Geograficzeskoje Obszczestwo. Mińsk, s. 21–27.
- Wika S., 1997: *Roślinność naturalna i synantropijna*. W: *Przyroda województwa katowickiego*. Wyd. Kubajak. Krzeszowice, s. 24–42.
- Wiśniewski R.J., 1994: *Fosfor w zbiornikach zaporowych – zasilanie, kumulacja, wymiana między osadami dennymi i wodą*. W: *Zintegrowana strategia ochrony i zagospodarowania ekosystemów wodnych*. Zalewski M. (red.). Wojewódzki Inspektorat Ochrony Środowiska. Zakład Ekologii Stosowanej Uniw. Łódzkiego. Łódź, s. 49–60.
- Wołoszyn J., Czamara W., Eliasiewicz R., Krężel J., 1994: *Regulacja rzek i potoków*. Wyd. Akademii Rolniczej we Wrocławiu. Wrocław, 549 s.
- Wrona A., 1990: *Zmiany w przyrodniczym użytkowaniu gruntów we wschodniej części Górnośląskiego Okręgu Przemysłowego*. W: *Biuletyn, 5 PAN, Komitet Inżynierii Środowiska. Kombinat Metalurgiczny „Huta Katowice” w Dąbrowie Górniczej a zmiany środowiska przyrodniczego*. Ossolineum. Wrocław–Warszawa–Kraków, s. 57–82.
- Zaczyński E., 1958: *Hydrobiologiczne badania zbiorników wodociągowych w roku 1957*. PAN.
- Ziętara T., 1994: *Etapy niszczenia brzegów zbiornika na Rabie w Dobczycach przez współczesne procesy geomorfologiczne*. W: *Ogólnopolski Zjazd Polskiego Towarzystwa Geograficznego. Referaty i postery*. PTG. Oddz. Lubelski. UMCS Lublin, s. 62–64.
- Ziętara T., 1995: *Dynamika rozwoju platform abrazyjnych w otoczeniu zbiornika Żywieckiego na Sole*. W: *III Zjazd Geomorfologów Polskich „Procesy geomorfologiczne. Zapis w rzeźbie i osadach.”. Część 1. Streszczenia komunikatów, posterów i referatów*. WNoZ UŚ. SGP. Sosnowiec, s. 78–79.
- Zołotariew G.S., Kuskowski G.S. (red.) 1988: *Formiowanie biełogow Angaro-Jenisiejskich wodochraniliszcz*. Izd. Nauka. Nowosibirsk, 112 s.
- Żmuda S., 1973: *Antropogeniczne przeobrażenia środowiska przyrodniczego konurbacji górnośląskiej*. ŚIN. Katowice, 211 s.

Martyna A. Rzętała

Shore processes and bottom deposits  
of selected water reservoirs under conditions  
of varied anthropopression  
(a case study of Silesian Upland and its borders)

Summary

Formation of artificial water reservoirs has caused the appearance of qualitatively new morphogenetic processes, conditioning morphological evolution of concave landforms. Anthropogenically shaped – even as a whole – reservoir basins (Fig. 3–6, 7–10), are often not more than several dozen years old and are relatively young element of the geographical environment. Simultaneously these changes are unusually dynamic and prove the reaction of the natural relief-forming processes on the relief anthropogenisation, and concern three characteristic zones of artificial water reservoirs basins, i.e. contact area of river and lake waters, littoral zone and the bottom.

Investigation carried out in the years 1993–2000 (Tab. 1–3) particularly concerned four artificial lakes (Fig. 2; Tab. 8). The first of them is reservoir Pogoria III (Fig. 6) in the catchment of the Pogoria (Tab. 4), the second one – Przeczyce (Fig. 5) in the catchment of the Czarna Przemsza (Tab. 4), the next Świerklaniec, which is also called Kozłowa Góra water reservoir (Fig. 4), located in the Brynica catchment (Tab. 4) and Dzierżno Duże reservoir (Fig. 3) in the Kłodnica catchment. The subjects of carried out investigation were also several dozen other water reservoirs in the area of Silesian Upland and its borders (Fig. 1).

Identification of research problems, based on the initial morphological and limnological study, allowed designating the range of elaboration and formulating aims of this work, which particularly concern: 1) distinguishing of types, presenting reasons and conditions of shore landforms formation within water reservoirs, 2) evaluation of both formation conditions and differentiation of bottom deposits within water reservoirs; 3) influence of varied anthropopression on the course of changes in shores morphology and reservoir basin bottom; 4) evaluation of morphological stage of artificial water reservoirs development; 5) course of morphological changes in basins of selected water reservoirs

in Silesian Upland and its borders in the bearing of similar processes occurring within other artificial water reservoirs.

Artificial water reservoirs in Silesian Upland are characterised by the occurrence of shore processes. Their intensity and range are conditioned by many factors. To the most important of them belong – apart from the size and shape of lake basin (Tab. 5; Fig. 3–6) – waving connected with local anemological conditions (Tab. 6, 7), fluctuations of water levels (Fig. 11) and lithology of the direct neighbourhood of the reservoir (Fig. 12–15), very often having very simple transmission on the character of shore configuration and relative heights (Tab. 9). The most spectacular changes in littoral are observed within post-exploitation and dam reservoirs, whereas smaller changes – within the range of shore zones of reservoirs in subsidence basins.

All reservoirs (post-exploitation, dam, in subsidence basins) are convenient place of rock waste accumulation in contact zone of river and lake waters. The change in energy of flowing waters occurs here and in result of rock waste sedimentation deltas or alluvial fans are formed (Fig. 3, 28; Phot. 1), which are eroded (cut) in periods of low water levels in reservoirs. In later period the processes of organic matter sedentation are of significant importance, which are especially morpho-shaping at periodically dried surfaces. The most spectacular example is the delta of the Kłodnica, formed in the mouth zone of this stream into Dzierżno Duże water reservoir (Fig. 3), characterised by large size. Other landforms are decidedly less striking (e.g. deltas of reservoirs Rogoźnik and Pogoria I), but they also document spontaneous reaction into the process of relief anthropogenisation (Fig. 28; Phot. 1). Deltas or alluvial fans are often replaced by zones of accumulation, occupying large areas. Deltas unusually rarely can be observed within shores of water reservoirs in subsidence depressions and collapse depressions (Phot. 10), considering the character of reservoirs without drainage and connected with it the lack of waste rock supply.

The sign of intensive morphological changes are relatively not numerous abrasion landforms at shores of dam reservoirs, plenty of them within post-exploitation reservoirs (Fig. 16–21) and lack within shore zone of reservoir in subsidence depressions. Active cliffs (or only periodical of dead cliff features) can be mostly met in the place of former edge of exploitation field of reservoirs: Dzierżno Duże, Pławniowice, Dzieńkowice. At shores of Świerklaniec they do not occur. At shores of Przeczyce they are rare in the place of contact of lake waters with valley slope-foots of terrace scarp features. The majority of dam reservoirs is characterised at the very most by terrace levels, which are usual landforms occurring under conditions of changing damming up. The problem of recession rate of rocky walls, expressed by hitherto existing amount of material originating from abrasion of cliff shore is similarly presented. Regarding even very overestimated values for Dzierżno Duże,



it can be amounted about to 60 000 c. m., whereas for the Pogoria III only 3000 cm. This amount for the reservoir Przeczyce is minimal, in relation to Świerklaniec it is difficult to say something because of the lack of cliff shore. These data indicate the large importance of shore denivelation in geodynamics of littoral zone, and confirm numerous examples of shore landforms from other water reservoirs, e.g. Żywiec in Tresna, Dobczyce on the Raba, Czorsztyn. The significant example on the scale of country, presenting abrasion processes is reservoir at Włocławek, and other examples are related to Siberian dam reservoirs (Phot. 7), reservoir on the Volga or reservoirs in Czech Republic (Phot. 8, 9).

But accumulation landforms within water reservoirs in Silesian Upland and its borders occur mostly at shores of basins of dam and post-exploitation objects (or their parts) of mature coast relief and varied biogenic shores of reservoirs in subsidence basins (Phot. 10). They are relatively often element of morphology of littoral zones of dam reservoirs – Goczałkowice, Przeczyce, Świerklaniec – and of some post-exploitation – e.g. Pogoria III. There are landforms (sandy tips, beaches, shore embankments, dried areas, zones of material accumulation, fixed with vegetation) built of mineral and organic material in dependence on local lithological conditions (Fig. 21–24, 26; Phot. 2–4). In Upper Silesian Region accumulative landforms relatively rarely make permanent element of coast relief and decidedly larger dynamic of changes is typical for accumulative ephemeral landforms (Fig. 25; Phot. 5, 6).

Carried out investigations on the character and intensity of shore processes determine to distinguish four stages of littoral zone development, which in relation to morphological evolution of reservoirs are treated as geosystems. These stages are labelled as: abrasional shoreline varying, abrasional-accumulative shoreline levelling, accumulative shoreline varying, biogenic fixation of shoreline. The first from above-mentioned stages was finished for the object investigated, but it will be soon typical for now projected objects (e.g. Kuźnica Warężyńska), the second stage is related to reservoir Dzierżno Duże, the example of the third is Pogoria III and Przeczyce, whereas the four one – Świerklaniec.

Carried out calculations of load balance in system – alimentation-outflow in the reservoir only slightly correspond with results of calculation capacity of bottom deposits (Tab. 10). It can be supposed that the size of reservoir silting amounts to: 0,2% of basin capacity – Pogoria III; 5,4% – Przeczyce; 7,5% – Świerklaniec; Dzierżno Duże – 2,3%, but the largest silting rate is significant for Dzierżno Duże and next: Przeczyce, Świerklaniec, Pogoria III. It can be admitted that the silting rate is adequate to the degree of catchment anthropogenisation.

In mechanical composition of bottom deposits (Fig. 27) most often dusty and silty fractions predominate, and sandy fraction is characterised by decidedly less participation (with exception of Pogoria III water reservoirs). Mean depth of bottom deposits most often reaches from

some cm (e.g. Pogoria III, Łąka, Pławniowice) to several dozen cm (Dzierżno Duże, Przeczyce, Świerklaniec) in a case of flow reservoirs and from some a dozen or so, rarely several dozen cm in reservoirs devoid of clear flow character (e.g. Borki, Stawiki, Czechowice) and their spatial occurrence is highly varied.

Interesting data were obtained in result of carrying out basic analyses of physico-chemical properties (Tab. 11) and mineralogical-petrographical analyses (Tab. 12) of bottom deposits. Content of some heavy metals especially confirms that the essential problem is the geochemical background level exceeding (Tab. 13).

On the base of made calculations and at the assumption of stable character of the environment conditions it is possible to make conclusions of the time of the given objects life (Tab. 14), which is varied and amounts about to: 1 thousand years (Przeczyce), 1.26 thousand years (Świerklaniec); 1.48 thousand years (Dzierżno Duże); above 22 thousand years (Pogoria III). With except for Pogoria III the time of investigated objects life is comparable to life of some other water reservoirs of the Upper Silesian Region (e.g. Pogoria I – 1,6 thousand years, Goczałkowice – 3 thousand years, Dzierżno Małe – 2 thousand years), and – with time of further existence of the majority of Polish water reservoirs, which function already nothing less than some thousand years. It proves unusually rapid rate of water reservoirs evolution in the Upper Silesian Region. This rate is – thanks to anthropogenic stimulation – decidedly faster in comparison to natural objects, which are devoid of anthropopression.

Мартына А. Жентала

Береговые процессы и донные осадки выбранных  
водоемов в условиях различного антропологического воздействия  
(на примере Силезской возвышенности и ее обрамления)

Резюме

Образование искусственных водоемов вызвало появление качественно новых морфогенетических процессов, обуславливающих морфологическую эволюцию отрицательных форм. Антропогенетическое формирование чаш водоемов (рис. 3–6, 7–10) продолжается не больше, чем несколько десятков лет и является относительно молодым элементом географической среды. Одновременно, изменения эти являются необычайно динамическими и указывают на реакции натуральных рельефообразующих процессов в результате антропологического воздействия, и касаются трех характерных зон чаш искусственных водоемов, а именно области контакта речных и озерных вод, литоральной зоны и дна.

Проведенные в 1993–2000 годах исследования (табл. 1–3) касались в частности четырех искусственных озер (рис. 2, табл. 8). Первое из них, водоем Погория III (рис. 6) в бассейне Погории (табл. 4), второй – Пшечице (рис. 5) в бассейне Чарней Пшемши (табл. 4), следующий – водоем Шверклянец, называемый также водоемом Козловой Гуры (рис. 4), расположенный в бассейне Брыницы (табл. 4), а также водоем Джержно Дуже (рис. 3) в бассейне Клодницы (табл. 4). Объектами проводимых исследований также были несколько десятков других искусственных водоемов в районе Силезской возвышенности и ее обрамления (рис. 1).

Постановка научной проблемы, основанная на предварительных морфологических и лимнологических исследованиях, позволила определить и сформулировать цели работы: 1) выделение типов и представление причин, а также условий формирования береговых форм в пределах водоемов; 2) оценка условий формирования и распределения донных осадков в пределах водоемов; 3) влияние степени антропологического воздействия на процесс изменения морфологии берегов и дна чаш водоемов; 4) оценка морфологического этапа развития искусственных водоемов; 5) развитие морфологических изменений чаш выбранных водоемов на Силезской возвышенности и ее обрамлении в сравнении другими искусственными водоемами.

На берегах искусственных водоемов на Силезской возвышенности происходят береговые процессы. Их интенсивность и радиус действия обусловлены многими факторами. Самыми важными из них, кроме величины и формы чаши озера (табл.

5, рис. 3–6), являются способность волно-образования, связанная с локальными ветрами (табл. 6,7), колебания уровня воды (рис. 11), а также литология непосредственного окружения водоема (рис. 12–15), влияющая на характер формирования берега и на его относительные высоты (табл. 9). Наиболее эффектные изменения литорали наблюдаются в пределах водоемов, образованных на месте карьеров, и водоемов при плотинах, меньшие – в пределах береговых зон водоемов мульд оседания.

Все водоемы (образованные на месте карьеров, при плотинах и в мульдах оседания) являются подходящим местом аккумуляции обломочного материала в зонах контакта речных и озерных вод. Происходит там изменение энергии потока воды и, в результате седиментации обломочного материала, образуются дельты или аллювиальные конуса выноса (рис. 3, 28; фото 1), подверженные эрозии в периоды низкого уровня воды в водоемах. В поздние периоды развития большую роль играют также процессы седиментации органической материи, особенно на периодически осушаемых поверхностях. Наиболее крупных размеров достигает дельта Клодницы при впадении в водоем Джержно Дуже (рис. 3). Другие дельты являются менее крупными (например, дельты водоемов Рогожник и Погория I), но также показывают спонтантическую реакцию на процесс антропологического воздействия при формировании рельефа (рис. 28; фото 1). Часто дельты или аллювильные конуса выноса являются зонами поверхностной аккумуляции. Дельты очень редко можно наблюдать в пределах берегов водоемов во впадинах оседания и прогибах (фото 10) по причине бесприточного характера водоемов и связанного с этим отсутствия поставки обломочного материала.

Проявлением интенсивных морфологических изменений являются небольшие абразивные формы на берегах водоемов при плотинах, их обилие в пределах водоемов на месте карьеров (рис. 16–21) и отсутствие их в береговой зоне водоемов, образованных во мульдах оседания. Действующие обрывы (либо только периодически проявляющие признаки „мертвого” обрыва) можно встретить прежде всего в местах бывшего края карьера водоемов Джержно Дуже, Плавновице, Джечковице. На берегах Шверклянца они не проявлены вообще. На берегах Пшечицы обрывы спорадически проявлены в местах контакта озерных вод с основанием склона террасовой долины. Большинство водоемов при плотинах характеризуются присутствием террасовых порогов. Проблема скорости отступления берега, выраженная существующим количеством материала, образованного при абразии обрывистого берега представляется подобным образом. Принимая во внимание даже завышенные оценки для водоема Джержно Дуже количество это может составлять около 60 000 м<sup>3</sup>, а для водоема Погория III – только 3000 м<sup>3</sup>. Величина эта для водоема Пшечице является незначительной, а в случае Шверклянца трудно говорить об этом из-за отсутствия обрывистых берегов. Эти данные указывают на большую роль денивелирования берегов в геодинамике литоральной зоны и подтверждаются многочисленными примерами береговых форм других водоемов, например, Живецкого в Трэснэй, Рабы в Добчицах, Чорштынського. Характерным примером в масштабе края, наглядно иллюстрирующим процессы абразии, является водоем Влоцлавек, а другие примеры относятся к сибирским водоемам при плотинах (фото 7), к волжским водоемам, к водоемам в Чехии (фото 8, 9).

В свою очередь, аккумуляционные формы в пределах водоемов на Силезской возвышенности и ее обрамлении проявлены прежде всего на берегах объектов при плотинах и на месте карьеров (либо их частей), характеризующиеся сформированным рельефом берегов, и эти формы также разно-образят биогенные берега водоемов в мульдах оседания (фото 10). Аккумуляционные формы являются относительно частым элементом морфологии литоральных зон водоемов при плотинах – Гочалковице, Пшечице, Шверклянец, а также некоторых водоемов на месте карьеров, например, Погория III. Формы эти (песчаные мысы, пляжи, береговые валы, зоны аккумуляции материала, заросшие растительностью) образованы из скального или ограниченного материала в зависимости от локальных литологических условий (рис. 21–24, 26; фото 2–4). Относительно редко в Горно-Силезским регионе аккумуляционные формы составляют неизменный элемент рельефа берегов, а эфемерные аккумуляционные формы (рис. 25; фото 5,6) характеризуются большей динамикой изменений.

Проведенные исследования характера и интенсивности береговых процессов позволяют выделить четыре этапа развития латеральной зоны, которые находятся в связи с морфологической эволюцией водоемов, как геосистем. Этапы эти можно назвать: абразия береговой линии, абразивно-аккумуляционное выравнивание береговой линии, аккумуляционное изменение береговой линии, биогеническое закрепление береговой линии. Первый этап закончился на исследованных объектах, второй этап характерен для водоема Джержно Дуже, примером третьего – является Погория III и Пшечице, а четвертого – Шверклянец.

Проведенные расчеты баланса материала в системе алиментация – сток водоема, только в незначительной степени соответствует результатам расчетов кубатуры донных осадков (табл. 10). Можно допустить, что величина замуления водоемов составляет: 0,2% вместимости чаши – Погория III; 5,4% – Пшечице; 7,5% – Шверклянец, 2,3% – Джержно Дуже. Можно считать, что темп замуления является адекватным степени антропологического воздействия.

В механическом составе донных осадков (рис. 27) преобладают чаще всего пылевые и глинистые фракции, а песчаные характеризуются значительно меньшей долей участия (искл. Водоем Погория III). Средняя мощность донных осадков достигает чаще всего нескольких сантиметров (Погория III, Лонка, Плавневице) до нескольких десятков сантиметров (Джержно Дуже, Пшечице, Шверклянец) в случае водоемов проточных и от нескольких сантиметров до двадцати, реже до нескольких десятков сантиметров в водоемах, лишенных притоков (Борки, Ставики, Чеховице), а пространственно их расположение является очень неоднородным.

Интересные данные получены в результате проведения основных анализов физикохимических свойств донных осадков (табл. 11) и минералогопетрографического анализа (табл. 12). Содержание некоторых тяжелых металлов подтверждает, что основной проблемой является превышение уровня геохимического фона (табл. 13).

На основании проведенных расчетов и при заложении, что условия среды будут неизменны, можно определить время жизни объектов (табл. 14), которое отличается для разных объектов и составляет около: 1 тыс. лет (Пшечице); 1,26 тыс. лет (Шверклянец); 1,48 тыс. лет (Джержно Дуже); больше чем 22 тыс. лет (Погория III). За исключением Погория III, время жизни исследованных объектов является сравнимым по времени жизни с некоторыми другими водоемами Горно-

Силезского региона (Погория I – 1,6 тыс. лет, Гочалковице – 3 тыс. лет, Джержно Мале – 2 тыс. лет), а также со временем жизни большинства польских озер, которые функционируют уже несколько тысяч лет. Все это указывает на необычно быстрые темпы эволюции водоемов Силезского региона. Темпы эти, благодаря антропологической стимуляции, являются более быстрыми по сравнению с темпами эволюции натуральных объектов, не испытывающих антропологического воздействия.





**Fot. 1.** Delta zbiornika Dzierżno Duże w okresie zahamowanego rozwoju życia biologicznego przy poziomie piętrzenia wynoszącym 198,20 m n.p.m. – styczeń 1995 r. (fot. M.A. Rzętała)



**Fot. 2.** Zbiornik Dzierżno Duże – roślinność krzewiasta porastająca wybrzeże w miejscu depozycji tzw. sieczki roślinnej (fot. M.A. Rzętała)





**Fot. 3.** Mierzeja na północno-wschodnim brzegu zbiornika Dzierżno Duże (fot. M.A. Rzętała)



**Fot. 4.** Odsłonięcie osadów limnicznych budujących mierzeję zlokalizowaną w środkowej części południowego wybrzeża zbiornika Dzierżno Duże (fot. M.A. Rzętała)



**Fot. 5.** Wypiętrzenie przemarznętego materiału brzeżnego u podnóża zapory czołowej i bocznej zbiornika Świerklaniec wskutek naporu pokrywy lodowej (fot. M.A. Rzętała)



**Fot. 6.** Pokrywy piaszczyste na południowo-zachodnim brzegu zbiornika Pogoria III przemieszczone w wyniku naporu tafli lodu (fot. M.A. Rzętała)



**Fot. 7.** Klifowe wybrzeże Zbiornika Brackiego rozwinięte kosztem zalesień  
(fot. M. Rzętała)





**Fot. 8.** Formy abrazyjne na wybrzeżu zbiornika Těrlicko (fot. M. Rzętała)



**Fot. 9.** Formy abrazyjne na wybrzeżu zbiornika Żermanice (fot. M. Rzętała)



**Fot. 10.** Niewielka powierzchnia i ciągłość procesów deformacyjnych podłoża decydują o specyfice procesów brzegowych w obrębie zbiorników w nieckach osiadania i zapadliskach (fot. M.A. Rzętała)

**BUŚ**





nr inw.: BG - 322700



BG N 286/2169



ISSN 0208-6336  
ISBN 83-226-1287-7